

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA DE PETRÓLEO,**  
**GAS NATURAL y PETROQUÍMICA**



**INFORME DE COMPETENCIA PROFESIONAL**  
**“OPTIMIZACIÓN DE SARTAS DE PERFORACIÓN EN**  
**POZOS DIRECCIONALES”**

**PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE**  
**INGENIERO DE PETRÓLEO**

**ELABORADO POR:**  
**EDWIN HUAMÁN MALDONADO**

**ASESOR:**  
**ING. OSCAR NOE CORTEGANA RUCOBA**

**LIMA – PERÚ**

**2016**

## ***DEDICATORIA***

A mi madre, por todo su esfuerzo y sacrificio, por su amor y comprensión, por enseñarme a ser un hombre de bien. A mi padre, quien partió al Cielo y desde ahí ha de cuidarme y guiarme por el buen camino.

A mis hermanos Pedro, Esther y Coti, quienes me criaron como a sus hijos y dieron todo de ellos para seguir adelante y no quedarme en el camino.

A mi esposa Nora, mi alma gemela, quien ha estado a mi lado incondicionalmente apoyándome y alentándome a seguir adelante enfrentando las adversidades. A mis hijas Verónica y Karen, quienes durante muchos días, semanas y hasta meses soportaron mi ausencia cuando cumplía mis labores. Las tres, mis “Chicas Súper Poderosas” como suelo llamarlas, son el amor de mi vida, la razón para seguir adelante en esta lucha sin desfallecer.

## **AGRADECIMIENTO**

En primer lugar, mi más profundo agradecimiento a todos los profesores de la Facultad de Ingeniería de Petróleo, Gas Natural y Petroquímica de la Universidad Nacional de Ingeniería por todas sus enseñanzas, por sus invaluable recomendaciones y asesoría.

En segundo lugar, a todos mis amigos de la industria del petróleo que he hecho durante esta larga trayectoria y quienes me transmitieron sus experiencias, me apoyaron durante mis inicios y depositaron su confianza en mí.

A todos ellos, eternamente agradecidos.

## **RESUMEN**

En la actualidad, perforar un pozo de petróleo y gas demanda hacerlo de manera eficiente, segura y económica de modo que permita la explotación adecuada de los hidrocarburos. En el Oriente Ecuatoriano, se ha perforado muchos pozos entre verticales, direccionales, horizontales y re-entradas en diferentes Bloques de los cuales se cuenta con información que sirve de base para la planificación de futuros pozos direccionales.

Utilizando parte de esta información se inicia la campaña de perforación de pozos direccionales para el desarrollo de uno de los Campos en el Oriente Ecuatoriano.

Uno de los puntos álgidos que enfrentamos fue la coyuntura mundial de precios bajos del petróleo que hace que los gastos operacionales tiendan al ahorro convirtiéndose en una limitante en la utilización de mejores equipos de perforación así como de nuevas tecnologías de última generación para disminuir los tiempos y costos.

Ante esta situación una de las alternativas más viables fue optimizar las sartas de perforación usando los recursos existentes como motor de fondo o tecnologías como el sistema rotatorio en su forma más simple, así como aplicando eficientemente los parámetros de perforación para atravesar las diferentes litologías encontradas como lutita, arcilla y arena, aún con las limitaciones que presentaba el taladro de perforación en su presión de trabajo de bombas, rpm (revoluciones por minuto) y torque del Top Drive. Con el análisis de los pozos direccionales perforados, se determina las sartas de perforación óptimas así como los parámetros de perforación adecuados para la perforación de pozos direccionales en la siguiente campaña en el mismo Campo.



## **ABSTRACT**

Nowadays, drilling an oil and gas well demands an efficient, safe and economical way to allow the proper extraction of hydrocarbons. In the Ecuadorian Amazon, many wells have been drilled like vertical, directional, horizontal and re-entries wells in different oil blocks of which information is available as reference for planning future directional wells.

Using part of this information, the drilling campaign of directional wells is started for the development of one of the Fields in the Ecuadorian Amazon.

One of the key points we faced was the global situation of low oil prices, which makes oil companies tend to save operational expenses, becoming a limitation in the use of better drilling equipment as well as new technologies in order to reduce drilling time and cost.

Faced with this situation, one of the most viable alternatives was to optimize drilling strings using available resources as mud motor or technologies such as rotary steerable system in its simplest form, as well as applying drilling parameters efficiently in order to drill different lithologies found as shale, claystone and sandstone, even with the limitations of working pressure of pumps, rpm (revolutions per minute) and torque of the Top Drive. With the analysis of drilled directional wells, the optimum drill string as well as drilling parameters suitable for directional well drilling are determined for the next drilling campaign in the same field.

## INDICE

|  |            |
|--|------------|
| <b>DEDICATORIA.....</b>  | <b>i</b>   |
| <b>AGRADECIMIENTO .....</b>  | <b>ii</b>  |
| <b>RESUMEN.....</b>  | <b>iii</b> |
| <b>ABSTRACT.....</b>   | <b>iv</b>  |
| <b>CAPÍTULO I.- ANTECEDENTES.....</b>  | <b>1</b>   |
| <b>CAPÍTULO II.- PROBLEMÁTICA .....</b>  | <b>4</b>   |
| <b>CAPÍTULO III.- OBJETIVOS.....</b>   | <b>6</b>   |
| 3.1. Objetivo General .....  | 6          |
| 3.2. Objetivo Específico.....  | 6          |
| <b>CAPÍTULO IV.- PERFORACIÓN DIRECCIONAL – MARCO TEÓRICO .....</b>                     | <b>7</b>   |
| 4.1. Definición .....  | 7          |
| 4.2. Aplicaciones de Perforación Direccional.....                                      | 7          |
| 4.3. Perfiles de Pozos Direccionales .....   | 10         |
| 4.4. Planificación de un Pozo Direccional .....  | 11         |
| 4.4.1. Coordenadas de Superficie .....   | 12         |
| 4.4.2. Coordenadas del Objetivo .....  | 12         |
| 4.4.3. Tamaño del Objetivo .....   | 12         |
| 4.4.4. Perfil del Pozo Direccional.....  | 12         |
| 4.4.5. <i>Kick-Off Point</i> (Profundidad de Inicio de Deflexión) .....                | 12         |
| 4.4.6. Build-Up & Drop Off Rate (Tasa de incremento y disminución de la inclinación).. | 12         |
| 4.4.7. Cálculo de Trayectoria .....  | 13         |
| 4.4.8. Análisis de Riesgos de Colisión .....   | 15         |
| 4.4.9. Herramientas para toma de <i>Surveys</i> .....                                  | 17         |
| 4.4.9.1. Totco .....   | 17         |
| 4.4.9.2. Single Shot & Multishot Magnético .....                                       | 18         |
| 4.4.9.3. Giroscopios .....   | 18         |
| 4.4.9.4. Herramientas MWD.....   | 19         |
| 4.4.10. Herramientas Básicas de una Sarta de Perforación Direccional .....             | 20         |
| 4.4.10.1. Broca .....  | 20         |
| 4.4.10.2. Motor.....   | 21         |
| 4.4.10.3. Bent Sub.....  | 24         |
| 4.4.10.4. Float Sub .....  | 25         |
| 4.4.10.5. Estabilizador .....  | 25         |
| 4.4.10.6. Herramienta MWD .....  | 25         |

|   |  |           |
|---|--|-----------|
| 4.4.10.7.   | Monel .....  | 26        |
| 4.4.10.8.   | Orienting Sub .....  | 26        |
| 4.4.10.9.   | Drill Collar .....   | 26        |
| 4.4.10.10.  | Martillo .....   | 27        |
| 4.4.10.11.  | Bit Sub .....  | 27        |
| 4.4.10.12.  | Heavy Weight Drill Pipe.....                               | 27        |
| 4.4.11.   | Métodos de Deflexión .....                                 | 28        |
| 4.4.11.1.   | Whipstock o Cuchara.....                                   | 28        |
| 4.4.11.2.   | Jetting.....   | 29        |
| 4.4.11.3.   | Motor de Desplazamiento Positivo con <i>Bent Sub</i> ..... | 30        |
| 4.4.11.4.   | Herramienta de Sistema Rotatorio.....                      | 33        |
| 4.4.12.   | Sartas de Perforación Direccional .....                    | 33        |
| 4.4.12.1.   | BHA's Rotarios.....  | 33        |
| 4.4.12.2.   | BHA's de Construcción .....                                | 38        |
| 4.4.12.3.   | BHA's para mantener Inclinación y Dirección:.....          | 39        |
| 4.4.12.4.   | BHA's para Reducir Inclinación.....                        | 40        |
| <b>CAPÍTULO V.- PERFORACIÓN DIRECCIONAL EN EL ORIENTE ECUATORIANO .....</b> |  | <b>41</b> |
| 5.1.  | Ubicación .....  | 41        |
| 5.2.  | Columna Estratigráfica del Oriente Ecuatoriano .....       | 42        |
| 5.3.  | Tipos de Pozos Perforados.....                             | 42        |
| 5.4.  | Pozos Perforados.....                                      | 42        |
| 5.4.1.  | Pozo 2 .....   | 43        |
| 5.4.1.1.  | Plan Direccional.....                                      | 43        |
| 5.4.1.2.  | Evaluación de Riesgo de Colisión .....                     | 44        |
| 5.4.1.3.  | Programa de Registros de Desviación .....                  | 45        |
| 5.4.1.4.  | Perforación de la Sección de 16" .....                     | 45        |
| 5.4.1.5.  | Perforación de la Sección de 12 1/4" .....                 | 49        |
| 5.4.1.6.  | Perforación de la Sección de 8 1/2" .....                  | 52        |
| 5.4.1.7.  | Surveys.....   | 55        |
| 5.4.1.8.  | Gráficos.....  | 57        |
| 5.4.2.  | Pozos 3, 4, 5, 6, 7 & 8 .....                              | 58        |
| 5.4.2.1.  | Perforación de la Sección de 16" .....                     | 58        |
| 5.4.2.2.  | Perforación de la Sección de 12 1/4" .....                 | 62        |
| 5.4.2.3.  | Perforación de la Sección de 8 1/2" .....                  | 64        |

|  |           |
|--|-----------|
| 5.5. Resultados de las Optimizaciones y Propuestas de BHA's .....    | 67        |
| 5.5.1. ROP's .....   | 67        |
| 5.5.1.1. Sección de 16" .....  | 67        |
| 5.5.1.2. Sección de 12 1/4" .....                                    | 68        |
| 5.5.1.3. Sección de 8 1/2" .....                                     | 70        |
| 5.5.2. BHA's Propuestos, Hidráulica & Parámetros de Perforación..... | 71        |
| <b>CAPÍTULO VI.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>             | <b>74</b> |
| 6.1. Conclusiones .....  | 74        |
| 6.2. Recomendaciones .....   | 75        |
| <b>CAPÍTULO VII.- BIBLIOGRAFÍA.....</b>                              | <b>76</b> |
| <b>CAPÍTULO VIII.- ANEXOS .....</b>                                  | <b>78</b> |
| 8.1. BHA's Sección 16" .....   | 78        |
| 8.2. BHA's Sección 12 1/4" .....                                     | 80        |
| 8.3. BHA's Sección 8 1/2" .....                                      | 82        |
| 8.4. Slide Sheet Sección 16" .....                                   | 84        |
| 8.5. Slide Sheet Sección 12 1/4" .....                               | 86        |
| 8.6. Slide Sheet Sección 8 1/2" .....                                | 88        |

## INDICE DE FIGURAS

|   |    |
|---|----|
| Figura 1 - 1: Perforación Direccional (Tipos de Pozos) .....                          | 2  |
| Figura 2 - 1: Caída de Taladros de Perforación en Ecuador .....                       | 4  |
| Figura 4 - 1: <i>Sidetracking</i> alrededor de un pescado.....                        | 7  |
| Figura 4 - 2: Locación Inaccesible (Hidrocarburos debajo de una ciudad) .....         | 7  |
| Figura 4 - 3: Perforación de Domos Salinos .....                                      | 8  |
| Figura 4 - 4: Perforación <i>Onshore</i> .....  | 8  |
| Figura 4 - 5: Perforación <i>Offshore</i> .....                                       | 9  |
| Figura 4 - 6: Pozo de Alivio.....   | 9  |
| Figura 4 - 7: Pozos Horizontales.....   | 10 |
| Figura 4 - 8: Perfiles de Pozo Tipo I, II y III .....                                 | 11 |
| Figura 4 - 9: Pozos Horizontales.....   | 11 |
| Figura 4 - 10: Pozo Tipo <i>Slant</i> ( $R <$ Desplazamiento total del Objetivo)..... | 13 |
| Figura 4 - 11: Pozo Tipo <i>Slant</i> ( $R >$ Desplazamiento total del Objetivo)..... | 13 |
| Figura 4 - 12: Pozo Tipo S ( $R_1 + R_2 <$ Desplazamiento total del Objetivo).....    | 14 |
| Figura 4 - 13: Pozo Tipo S ( $R_1 + R_2 >$ Desplazamiento total del Objetivo).....    | 14 |
| Figura 4 - 14: <i>Spider plot</i> en pequeña escala .....                             | 15 |
| Figura 4 - 15: <i>Spider plot</i> en gran escala .....                                | 15 |
| Figura 4 - 16: Análisis del Cilindro Viajero y gráfico .....                          | 16 |
| Figura 4 - 17: Elipse de incertidumbre .....  | 17 |
| Figura 4 - 18: Totco .....  | 17 |
| Figura 4 - 19: <i>Single Shot</i> Magnético .....                                     | 18 |
| Figura 4 - 20: Giroscopio típico.....   | 19 |
| Figura 4 - 21: Herramienta MWD .....  | 20 |
| Figura 4 - 22: Acción de corte de brocas de Cono (A) & PDC (B).....                   | 20 |
| Figura 4 - 23: Acción de corte de brocas TSP (A) & Diamante Natural (B).....          | 21 |
| Figura 4 - 24: <i>Dump Valve</i> .....  | 22 |
| Figura 4 - 25: Motor de Desplazamiento Positivo .....                                 | 22 |
| Figura 4 - 26: Configuración de lóbulos en un PDM.....                                | 23 |
| Figura 4 - 27: Configuraciones típicas de Rotor/Estator .....                         | 23 |
| Figura 4 - 28: <i>Connecting Rod Assembly</i> .....                                   | 24 |
| Figura 4 - 29: Carga de los rodamientos .....   | 24 |

|  |    |
|--|----|
| Figura 4 - 30: <i>Bent Sub</i> .....   | 24 |
| Figura 4 - 31: <i>Float Sub</i> .....  | 25 |
| Figura 4 - 32: Estabilizador <i>String</i> tipo Espiral .....                              | 25 |
| Figura 4 - 33: Herramienta MWD .....   | 26 |
| Figura 4 - 34: <i>Drill Collar</i> liso y espiralado .....                                 | 26 |
| Figura 4 - 35: Martillo Hidráulico .....   | 27 |
| Figura 4 - 36: <i>Bit Sub</i> .....  | 27 |
| Figura 4 - 37: <i>Heavy Weight Drill Pipe</i> .....  | 27 |
| Figura 4 - 38: Método de deflexión con <i>Whipstock</i> .....                              | 28 |
| Figura 4 - 39: Arreglo de la broca para <i>Jetting</i> .....                               | 29 |
| Figura 4 - 40: Método de Deflexión <i>Jetting</i> .....                                    | 30 |
| Figura 4 - 41: Típico BHA con Motor .....  | 31 |
| Figura 4 - 42: Motor navegable .....   | 31 |
| Figura 4 - 43: <i>Offset</i> de la broca en motor navegable .....                          | 32 |
| Figura 4 - 44: <i>RSS Point the bit</i> .....  | 33 |
| Figura 4 - 45: Fuerzas que actúan en la broca influyen en la dirección del hoyo.....       | 35 |
| Figura 4 - 46: BHA usando el principio <i>fulcrum</i> .....                                | 36 |
| Figura 4 - 47: Principio de Estabilización.....  | 37 |
| Figura 4 - 48: Principio del péndulo .....   | 37 |
| Figura 4 - 49: Reducción de la fuerza del péndulo debido al contacto con la pared del hoyo | 38 |
| Figura 4 - 50: BHA's de construcción de inclinación.....                                   | 38 |
| Figura 4 - 51: BHA's para mantener inclinación.....  | 39 |
| Figura 4 - 52: BHA típico para mantener inclinación en hoyo de 12 ¼" .....                 | 39 |
| Figura 4 - 53: BHA's para reducir inclinación .....  | 40 |
| Figura 4 - 54: BHA <i>semi-drop</i> .....  | 40 |
| <br>   |    |
| Figura 5 - 1: Región Amazónica del Ecuador.....  | 41 |
| Figura 5 - 2: Columna Estratigráfica Oriente Ecuatoriano .....                             | 42 |
| Figura 5 - 3: <i>Spider Plot</i> .....   | 44 |
| Figura 5 - 4: BHA Direccional de la Sección de 16" .....                                   | 47 |
| Figura 5 - 5: <i>Slide Sheet</i> de la sección de 16" .....                                | 48 |
| Figura 5 - 6: BHA Direccional de la Sección de 12 ¼" .....                                 | 51 |
| Figura 5 - 7: <i>Slide Sheet</i> de la sección de 12 ¼" .....                              | 52 |
| Figura 5 - 8: BHA Direccional de la Sección de 8 ½" .....                                  | 54 |

|  |    |
|--|----|
| Figura 5 - 9: <i>Slide Sheet</i> de la sección de 8 ½” – Pozo 2.....       | 54 |
| Figura 5 - 10: Reporte de <i>Surveys</i> .....                             | 56 |
| Figura 5 - 11: Vista Vertical .....  | 57 |
| Figura 5 - 12: Visa de Planta.....   | 58 |
| Figura 5 - 13: Hidráulica modificada para la sección de 16” .....          | 67 |
| Figura 5 - 14: Elastómero HN234 vs NBR HR .....                            | 68 |
| Figura 5 - 15: Hidráulica para la Sección de 12 ¼” .....                   | 69 |
| Figura 5 - 16: Motor Vs Sistema Rotatorio .....                            | 69 |
| Figura 5 - 17: Trayectoria Pozo 2 con 1°/100 ft Drop off .....             | 70 |
| Figura 5 - 18: Trayectoria Pozo 3 con 1.5°/100 ft Drop off .....           | 71 |
| Figura 5 - 19: Propuesta de BHA & Parámetros Sección 16” .....             | 72 |
| Figura 5 - 20: Propuesta de BHA con Motor & Parámetros Sección 12 ¼” ..... | 72 |
| Figura 5 - 21: Propuesta de BHA con RSS & Parámetros Sección 12 ¼” .....   | 73 |
| Figura 5 - 22: Propuesta de BHA & Parámetros Sección 8 1/2” .....          | 73 |
| <br>   |    |
| Figura 8 - 1: BHA 16” Pozo 3 .....   | 78 |
| Figura 8 - 2: BHA 16” Pozo 4 .....   | 78 |
| Figura 8 - 3: BHA 16” Pozo 5 .....   | 78 |
| Figura 8 - 4: BHA 16” Pozo 6 .....   | 79 |
| Figura 8 - 5: BHA 16” Pozo 7 .....   | 79 |
| Figura 8 - 6: BHA 16” Pozo 8 .....   | 79 |
| Figura 8 - 7: BHA 12 ¼” Pozo 3 .....                                       | 80 |
| Figura 8 - 8: BHA 12 ¼” Pozo 4 .....                                       | 80 |
| Figura 8 - 9: BHA 12 ¼” Pozo 5 .....                                       | 80 |
| Figura 8 - 10: BHA 12 ¼” Pozo 6 .....                                      | 81 |
| Figura 8 - 11: BHA 12 ¼” Pozo 7 .....                                      | 81 |
| Figura 8 - 12: BHA 12 ¼” Pozo 8 .....                                      | 81 |
| Figura 8 - 13: BHA 8 ½” Pozo 3 .....                                       | 82 |
| Figura 8 - 14: BHA 8 ½” Pozo 4 .....                                       | 82 |
| Figura 8 - 15: BHA 8 ½” Pozo 5 .....                                       | 82 |
| Figura 8 - 16: BHA 8 ½” Pozo 6 .....                                       | 83 |
| Figura 8 - 17: BHA 8 ½” Pozo 7 .....                                       | 83 |
| Figura 8 - 18: BHA 8 ½” Pozo 8 .....                                       | 83 |
| Figura 8 - 19: <i>Slide Sheet</i> 16” Pozo 3.....                          | 84 |

|   |    |
|---|----|
| Figura 8 - 20: Slide Sheet 16" Pozo 4 (Resultados).....   | 85 |
| Figura 8 - 21: Slide Sheet 16" Pozo 5 (Resultados).....   | 85 |
| Figura 8 - 22: Slide Sheet 16" Pozo 6 (Resultados).....   | 85 |
| Figura 8 - 23: Slide Sheet 16" Pozo 7 (Resultados).....   | 85 |
| Figura 8 - 24: Slide Sheet 16" Pozo 8 (Resultados).....   | 85 |
| Figura 8 - 25: Slide Sheet 12 ¼" Pozo 3.....              | 86 |
| Figura 8 - 26: Slide Sheet 12 ¼" Pozo 4 (Resultados)..... | 87 |
| Figura 8 - 27: Slide Sheet 12 ¼" Pozo 5 (Resultados)..... | 87 |
| Figura 8 - 28: Slide Sheet 12 ¼" Pozo 6 (Resultados)..... | 87 |
| Figura 8 - 29: Slide Sheet 12 ¼" Pozo 7 (Resultados)..... | 87 |
| Figura 8 - 30: Slide Sheet 12 ¼" Pozo 8 (Resultados)..... | 87 |
| Figura 8 - 31: Slide Sheet 8 ½" Pozo 3.....               | 88 |
| Figura 8 - 32: Slide Sheet 8 ½" Pozo 4.....               | 88 |
| Figura 8 - 33: Slide Sheet 8 ½" Pozo 5.....               | 88 |
| Figura 8 - 34: Slide Sheet 8 ½" Pozo 6.....               | 89 |
| Figura 8 - 35: Slide Sheet 8 ½" Pozo 7.....               | 89 |
| Figura 8 - 36: Slide Sheet 8 ½" Pozo 8.....               | 89 |



## INDICE DE TABLAS

|  |    |
|--|----|
| Tabla 5 - 1: Plan Direccional .....  | 43 |
| Tabla 5 - 2: <i>Scan</i> Magnético .....                                   | 44 |
| Tabla 5 - 3: Programa de <i>Surveys</i> .....                              | 45 |
| Tabla 5 - 4: Tabla de Desempeño de Bombas de Lodo .....                    | 59 |
| Tabla 5 - 5: Elastómero, parámetros y ROP .....                            | 60 |
| Tabla 5 - 6: Hidráulica a TD de la sección 16" .....                       | 61 |
| Tabla 5 - 7: Espaciamiento entre estabilizadores y respuesta del BHA ..... | 61 |
| Tabla 5 - 8: Tendencia de los BHA's en diferentes formaciones .....        | 62 |
| Tabla 5 - 9: Porcentaje deslizado/rotado en sección tangente .....         | 63 |
| Tabla 5 - 10: Hidráulica a TD de la sección de 12 ¼" .....                 | 64 |
| Tabla 5 - 11: Parámetros y ROP para BHA's con motor y RSS.....             | 64 |
| Tabla 5 - 12: Tendencias en modo rotación.....                             | 65 |
| Tabla 5 - 13: Parámetros y ROP .....                                       | 66 |
| Tabla 5 - 14: Hidráulica a TD de la sección 8 ½" .....                     | 66 |

## CAPÍTULO I.- ANTECEDENTES

“Durante mucho tiempo se consideró la Perforación de Pozos en la Industria Petrolera como una labor artesanal o simplemente un arte en vez de una Ingeniería, hasta que en los años 40’s se desarrolló la Tecnología de la Perforación de Pozos de una manera acelerada tomando en cuenta diferentes aspectos como son: desarrollo, investigación, modernización, etc.”<sup>1</sup>

En la actualidad, para perforar un pozo de petróleo y/o gas, se emplea el mecanismo de la perforación rotatoria cuando se trata del uso de sistema rotatorio, y *slide* cuando se trata del uso de motor de fondo, y desde sus inicios el reto más importante para la industria del petróleo ha sido y, aún sigue siendo, la capacidad de perforar un pozo de manera eficiente, segura y económica manteniendo su curso a lo largo de una trayectoria predeterminada, miles de pies debajo de la superficie. En el pasado, el principal interés era perforar lo más vertical posible con el fin de alcanzar un área objetivo ubicado directamente debajo del piso de perforación. Sin embargo, en la actualidad, este interés se ha extendido y busca tener la capacidad suficiente para perforar un pozo hasta la zona productiva el cual puede ubicarse, no sólo a una distancia vertical sino a miles de pies de desplazamiento horizontal desde la superficie bajo el piso de perforación. Esto es lo que comúnmente se conoce como perforación direccional el cual consiste en perforar verticalmente desde superficie hasta una profundidad preseleccionada llamada *Kick Off Point* (KOP) y posteriormente desviar intencionalmente el pozo a lo largo de una trayectoria planificada previamente hasta alcanzar el objetivo geológico (Figura 1-1).

“Lograr perforar pozos petroleros en forma eficiente, segura y económica nos indica que se debe estar renovando continuamente la Tecnología de Perforación de Pozos de acuerdo a las situaciones que se vayan presentando, por lo tanto se necesita de una optimización que tiene que contar con su propio objetivo, este objetivo de la Optimización de la Perforación es Incrementar la eficiencia de las operaciones involucradas en la Perforación de Pozos”<sup>2</sup>. Para cumplir con este objetivo, uno de los tantos aspectos a tomar en cuenta, bajo esta premisa, es el estudio y/o análisis del comportamiento de las sartas de perforación en las distintas secciones de un pozo direccional (sección de construcción, tangente y verticalización). Las sartas de perforación direccional se diseñan de acuerdo a la planificación del pozo y estas se apoyan en

---

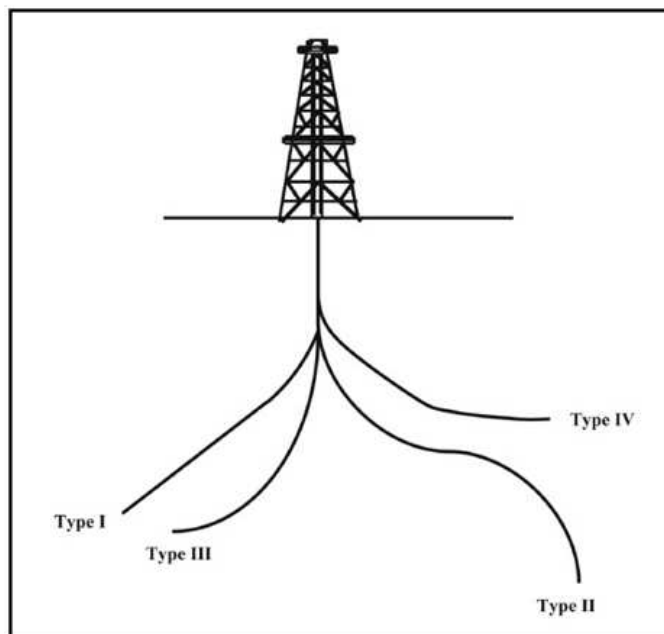
<sup>1</sup> Jahir Erik. Perforación de Pozos Petroleros. Feb 08, 2010

<https://es.scribd.com/doc/26573841/Perforacion-de-Pozos-Petroleros>

<sup>2</sup> Ing. Bautista Rodas, José Ernesto. Perforación I, Presentación PowerPoint, Slide #5

<https://es.scribd.com/doc/316452182/1693281592-PERFORACION-I-Diapositivas-1>

los principios del péndulo, si el plan es mantener la verticalidad del pozo o traer a la vertical un pozo con cierta inclinación; el principio *fulcrum*, si el plan direccional contempla la construcción de curva; y el principio de estabilización, si el plan es mantener inclinación y dirección en parte o toda la trayectoria del pozo.



**Figura 1 - 1: Perforación Direccional (Tipos de Pozos)**

Fuente: Directional and Horizontal Well Drilling (J.J & G. Robello, 2007, p. 239)

Aun aplicando estos principios en el diseño de las sarta de perforación direccional, es importante tener presente que una sarta de perforación direccional en un área determinada, no tiene el mismo comportamiento y/o desempeño en otra área ya que está directamente relacionada al tipo de roca a perforar así como la inclinación del pozo y dirección en la que se perfora, y por ello la importancia de mantener información de desempeños de las distintas sarta de perforación direccional en el área. Un diseño incorrecto de la sarta de perforación direccional puede llevar a no cumplir con los objetivos específicos para el cual fue diseñado, teniendo que realizar viaje a superficie para su respectiva corrección incurriendo en viaje adicional al planificado y por ende incrementando los costos operacionales del pozo en cuestión.

Así mismo, la elección de la herramienta deflectora (motor, sistema rotatorio) que es parte de la sarta de perforación direccional juega un rol importante en la perforación de pozos direccionales y este depende del perfil del pozo, roca a perforar y profundidad del pozo. Con el paso del tiempo, las sarta convencionales de perforación rotativa han sido mejoradas con la incorporación de motores de desplazamiento positivo navegables así como el reemplazo de las herramientas magnéticas *single shot* por aquellas herramientas electrónicas *Measurement*

*While Drilling* (MWD) que actualizan en tiempo real tanto la inclinación como la dirección del pozo permitiendo realizar las correcciones necesarias inmediatamente. Si bien es cierto, la incorporación de estas herramientas facilitaron la perforación de pozos direccionales, aun se tenía el inconveniente de perforar en modo *slide* (perforación con motor de fondo sin rotación de la sarta de perforación) debido a que el tiempo invertido era mucho mayor al tiempo perforando en modo rotación y ponía en riesgo el atasco de la sarta de perforación estática frente a arenas depletadas o arenas con amplio margen de presión diferencial (diferencia entre la presión de la columna estática de lodo con la presión de formación). Así mismo, la velocidad de perforación se veía afectada por el alto tiempo invertido en perforar en modo *slide*.

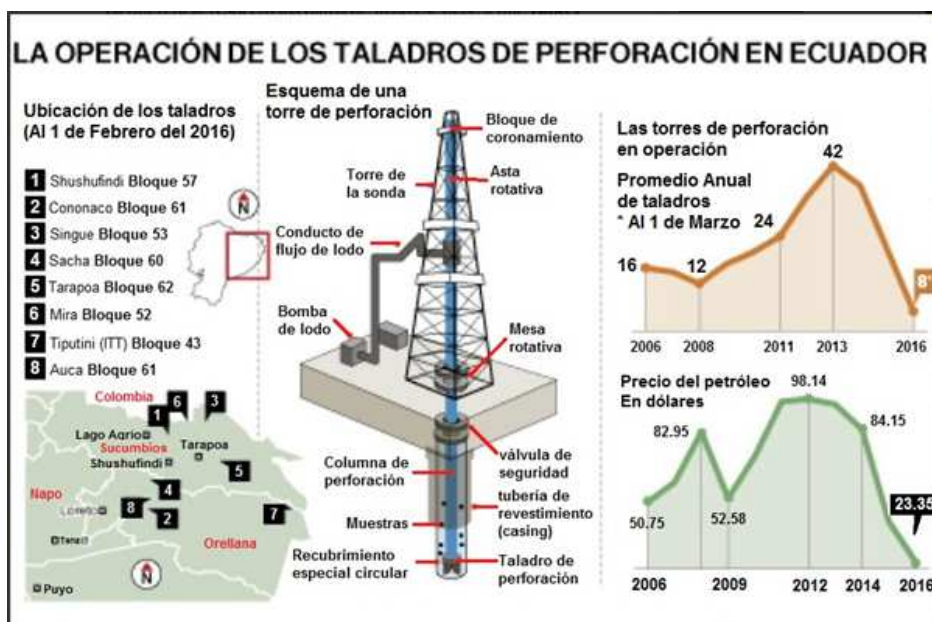
Es así que, posterior a los motores de desplazamiento positivo navegable, surgen las herramientas de sistema rotatorio que facilitan la perforación de pozos direccionales en modo rotación todo el tiempo con las cuales se pueden perforar la curva, tangente y verticalización del pozo con una sola sarta de perforación. Por último, los parámetros de perforación para perforar distintas rocas también cumplen una función importante en la perforación de pozos direccionales, la pérdida de tiempo por una incorrecta aplicación de los parámetros de perforación incrementan los costos de perforación de un pozo direccional. Un ejemplo asociado a una incorrecta aplicación de parámetros de perforación, buscando una tasa alta de penetración, es el excesivo peso en la broca aplicado llevando a incrementar la inclinación del pozo en una sección tangente teniendo que recurrir a los trabajos de corrección de inclinación y por ende pérdida de tiempo.

Todo lo antes mencionado tiene un gran impacto en los resultados de la perforación de un pozo direccional por lo que un buen diseño de la sarta de perforación direccional, una óptima selección de herramienta deflectora (motor de desplazamiento positivo, sistema rotatorio), y adecuados parámetros de perforación pueden llevar a ahorros substanciales en los costos de perforación del pozo direccional.

## CAPÍTULO II.- PROBLEMÁTICA

“La actividad de perforación de pozos en el Oriente Ecuatoriano ha venido disminuyendo significativamente desde el año 2014 como consecuencia de la crisis por la baja del precio del crudo a nivel mundial. Ecuador alcanzó un pico de operación de taladros de perforación de 43 a mitad de año del 2013, y desde entonces el número de taladros ha venido registrando una caída constante, 30 taladros en Marzo del año 2015 hasta apenas 8 taladros de perforación para el mismo mes de Marzo del año 2016.

El objetivo de un taladro de perforación es perforar el pozo, por donde se extraerá el petróleo. Mientras más taladros están en actividad, más pozos se perforan y más petróleo es extraído y a la inversa. La baja en la contratación de estos taladros de perforación está influenciada por la caída de precios del crudo, que ha impactado en los costos de la industria. Como consecuencia, existen menos inversiones y se perforan menos pozos. El precio del barril de crudo local cayó 75% desde junio del 2014 hasta los primeros meses del 2016”<sup>3</sup> (Figura 2-1). Tanto el Estado Ecuatoriano como Empresas Petroleras Privadas han tenido que recortar sus inversiones al ver mermado sus ingresos.



**Figura 2 - 1: Caída de Taladros de Perforación en Ecuador**

Fuente: El Comercio, Sección Economía (Araujo, 2016)

<sup>3</sup> Araujo, Alberto. El Comercio, Sección Economía. 7 Marzo 2016

<http://www.elcomercio.com/actualidad/taladros-operacion-baja-petroleo-ecuador.html>

En el Oriente Ecuatoriano, más del 90% de pozos perforados son pozos direccionales perforados con herramientas de última tecnología como son herramientas de sistema rotatorio, herramientas *Logging While Drilling* (LWD), y herramienta de *Gyro While Drilling* (GWD). Al caer el precio del crudo, los nuevos proyectos de pozos direccionales han tenido que prescindir de estas herramientas de última tecnología con el fin de disminuir los costos operacionales. Es así que, los pozos direccionales en la actualidad se perforan mayormente con motor de desplazamiento positivo cuando antes se perforaba con sistema rotario o *Rotary Steerable System* (RSS); las herramientas de LWD han sido reemplazadas por registros convencionales con cable al finalizar la perforación, y sólo el uso de la herramienta magnética MWD en su forma más simple, es decir, con datos de sólo inclinación y dirección para seguir la trayectoria programada.

Si bien es cierto, hay una disminución importante en los gastos operacionales de un pozo al usar tecnología básica y sargas de perforación simples, también es cierto que los tiempos en perforar un pozo direccional se ve afectado por el cambio de tecnología, por una incorrecta configuración de la sarga de perforación, por la inapropiada aplicación de los parámetros de perforación, y por la diferente respuesta de la sarga de perforación al atravesar las diferentes litologías. Un ejemplo claro es la tasa de penetración en secciones someras, estas se ven afectadas al estar limitados la aplicación de una óptima presión diferencial en los motores de fondo debido al límite establecido por la configuración del mismo motor como son el tipo de goma, relación rotor/estator y número de etapas. Esta tasa de penetración también se ve afectada en las secciones intermedias al tener que corregir constantemente en modo *slide* (mayor inversión de tiempo en comparación con la perforación en modo rotación) la inclinación del pozo debido a las diferentes respuestas de la sarga de perforación direccional al atravesar diferentes litologías como son lutitas, arcilla y arenisca.

Los tiempos en perforar un pozo direccional se verán reducidos si se perforara en modo rotación la mayor parte del pozo aplicando adecuados parámetros de perforación que permitan tener una alta tasa de penetración y por ende una disminución en los gastos operacionales.

## CAPÍTULO III.- OBJETIVOS

### 3.1. Objetivo General

El objetivo general de este trabajo es optimizar tanto el diseño de las sargas de perforación direccional así como la los parámetros de perforación identificando los óptimos para atravesar las diferentes litologías encontradas con el fin de perforar el pozo en los plazos establecidos o en el mejor de los casos, en menos tiempo que se ven traducidos en un ahorro sustancial para las compañías operadoras.

La perforación de pozos de petróleo ha evolucionado con el transcurso del tiempo, del mismo modo lo han sido las sargas de perforación, desde la configuración más simple hasta aquella con sofisticadas herramientas como sistema rotatorio (RSS), herramientas de LWD, ampliadores, reductores de torque, etc.

Lo que se mantiene vigente con el paso del tiempo, son los principios que gobiernan el comportamiento de las sargas de perforación, es decir, los principios del péndulo, *fulcrum* y de estabilización que no deben ser ignorados durante el diseño de la sarga de perforación direccional a pesar del uso de tecnologías modernas como el sistema rotatorio (RSS) que permite perforar cualquier perfil de pozo direccional.

Así mismo, tanto la litología a perforar como los parámetros de perforación juegan un rol importante en la respuesta de la sarga de perforación y su desconocimiento puede llevar a una mayor inversión de tiempo en perforar el pozo.

### 3.2. Objetivo Específico

Recopilar y administrar la información pozo a pozo, sección por sección de los pozos perforados. Estos incluyen: espaciamiento y máximo diámetro del segundo estabilizador en la sarga de perforación con motor de fondo con el propósito de evaluar su respuesta tanto en la construcción de la curva como en la sección tangente; máxima presión diferencial permitida y aplicada en las secciones perforadas con motor de fondo; caudal así como revoluciones por minuto (rpm) de la sarga de perforación al atravesar las diferentes litologías.

Una correcta administración y aplicación de esta información es crucial para una continua optimización de las sargas de perforación en pozos direccionales.

## CAPÍTULO IV.- PERFORACIÓN DIRECCIONAL – MARCO TEÓRICO

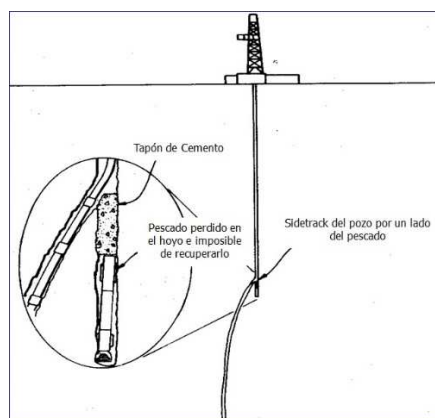
### 4.1. Definición

Es el proceso o técnica de dirigir el pozo a lo largo de una trayectoria hacia un objetivo determinado, el cual está ubicado a una determinada distancia lateral y vertical de la localización superficial del equipo de perforación.

### 4.2. Aplicaciones de Perforación Direccional

#### Sidetracking:

Técnica utilizada con el fin de desviarse del hoyo original. Fue la técnica original de lo que hoy en día se le denomina perforación direccional. Inicialmente, los trabajos de *sidetracks* eran ciegos, el objetivo era simplemente evadir el pescado. (Figura 4-1).

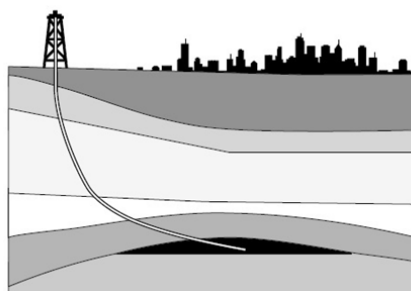


**Figura 4 - 1: Sidetracking alrededor de un pescado**

Fuente: *Applied Drilling Engineering. SPE Text Book Series*, Vol. 2 (Bourgoyne Jr, Miliheim, Chenevert, & Young Jr, p. 353)

#### Locaciones Inaccessibles:

Cuando los reservorios están ubicados debajo de una ciudad, un río o áreas sensibles desde el punto de vista ambiental, teniendo que ubicar el taladro de perforación a una distancia alejada y perforar un pozo direccional (Figura 4-2).



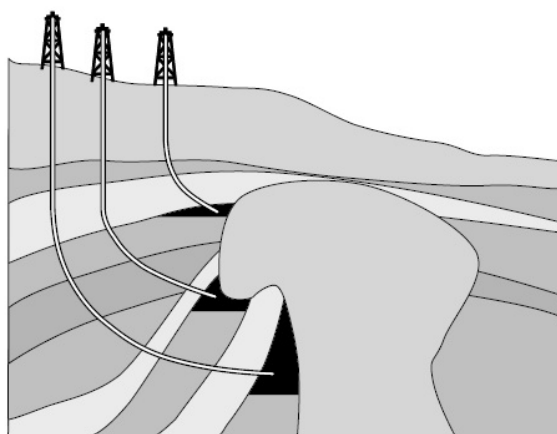
**Figura 4 - 2: Locación Inaccesible (Hidrocarburos debajo de una ciudad)**

Fuente: *Directional Drilling Training Manual* (Schlumberger, 1997, p. 1.3)



### Perforación de Domos Salinos:

Se ha determinado que los domos de sal son trampas naturales de hidrocarburos que se acumulan debajo de la parte superior del domo. Existen varios problemas asociados a la perforación a través de un domo de sal como lavado de hoyo, pérdidas de circulación, corrosión en la tubería y herramientas que pueden incrementar sustancialmente los costos de perforación. Estos problemas pueden ser de alguna manera aliviados usando lodo saturado de sal o perforando un pozo direccional para alcanzar el reservorio evitando así problemas al perforar el domo de sal (Figura 4-3).

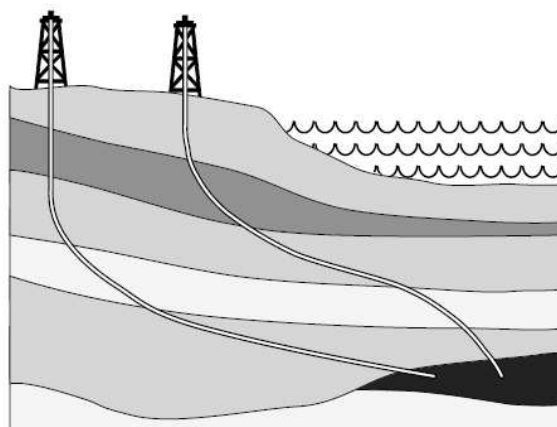


**Figura 4 - 3: Perforación de Domos Salinos**

Fuente: *Directional Drilling Training Manual* (Schlumberger, 1997, p. 1.4)

### Perforación Onshore:

Existen reservorios de hidrocarburos que se encuentran debajo de lagos o mar, no muy lejos de la costa, que son alcanzables perforando pozos direccionales desde la costa, resultando más económico, ya que los costos de perforar un pozo en tierra es menor que uno perforado desde una plataforma marina (Figura 4-4).

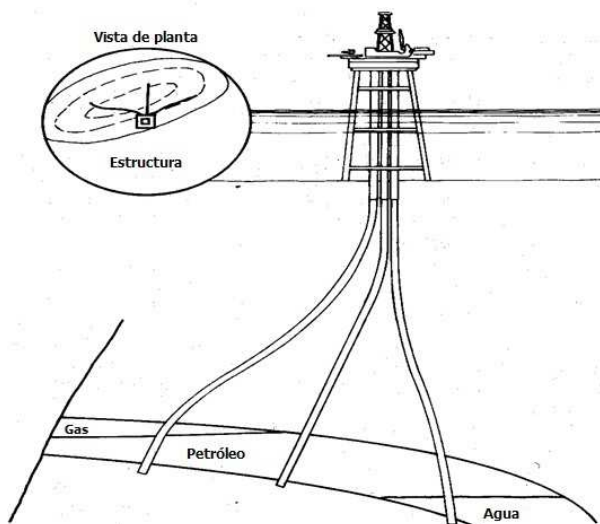


**Figura 4 - 4: Perforación Onshore**

Fuente: *Directional Drilling Training Manual* (Schlumberger, 1997, p. 1.5)

### Perforación *Offshore*:

La perforación de pozos direccionales desde una plataforma marina *offshore* es la manera más económica de explotar un campo petrolero en el mar o lago. (Figura 4-5).

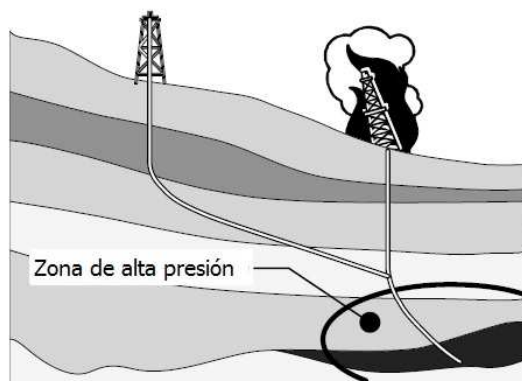


**Figura 4 - 5: Perforación *Offshore***

Fuente: *Applied Drilling Engineering. SPE Text Book Series*, Vol. 2 (Bourgoyne Jr, Miliheim, Chenevert, & Young Jr, p. 352)

### Pozos de Alivio:

El objetivo de un pozo direccional de alivio es interceptar a un pozo descontrolado (*blowout*) para poder despresurizarlo y controlarlo. (Figura 4-6).



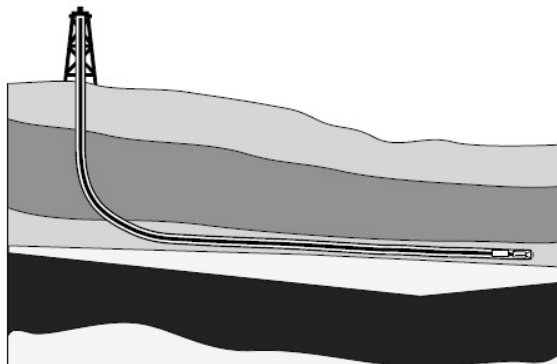
**Figura 4 - 6: Pozo de Alivio**

Fuente: *Directional Drilling Training Manual* (Schlumberger, 1997, p. 1.6)

### Pozos Horizontales:

Una producción reducida en un campo de petróleo puede ser debido a muchos factores, como conificación de gas y agua, o formaciones con buena permeabilidad vertical. En estos casos se planifica perforar un pozo con mayor área de drenaje horizontal.

Es un tipo especial de pozo direccional. Los pozos horizontales (Figura 4-7) se dividen en pozos de radio corto, medio y largo, y se basan en el régimen de incremento en la inclinación (*build-up rate*).



**Figura 4 - 7: Pozos Horizontales**

Fuente: *Directional Drilling Training Manual* (Schlumberger, 1997, p. 1.6)

### 4.3. Perfiles de Pozos Direccionales

#### **Perfil de Construcción Curva y Mantener (Tipo I) o *Slant***

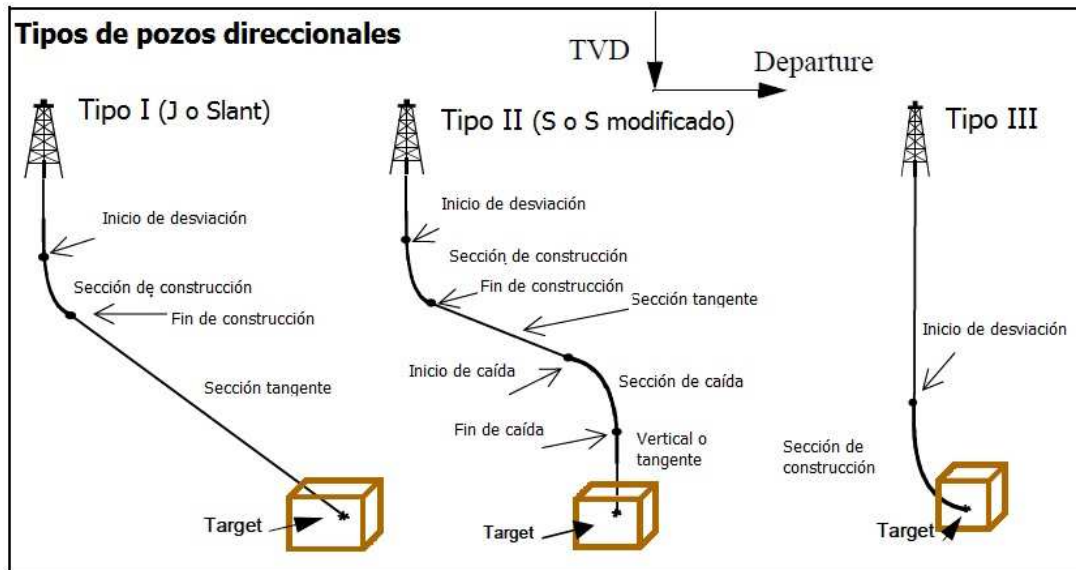
Consiste en perforar verticalmente hasta una profundidad determinada de inicio de desviación. Luego, se inicia la construcción de la curva a cierta tasa de construcción hasta alcanzar la inclinación deseada. Posteriormente, el pozo es perforado tangencialmente hasta alcanzar el objetivo (Figura 4-8).

#### **Perfil de Construcción Curva, Mantener y Tumbiar (Tipo II) o “S”**

Consiste en perforar verticalmente hasta una profundidad determinada de inicio de desviación. Luego, se inicia la construcción de la curva a cierta tasa de construcción hasta alcanzar la inclinación deseada. Posteriormente, el pozo es perforado tangencialmente hasta cierto tramo, donde se inicia a disminuir la inclinación a cierta tasa de disminución hasta alcanzar la verticalidad y llegar al objetivo (Figura 4-8).

#### **Perfil de Construcción Continua (Tipo III)**

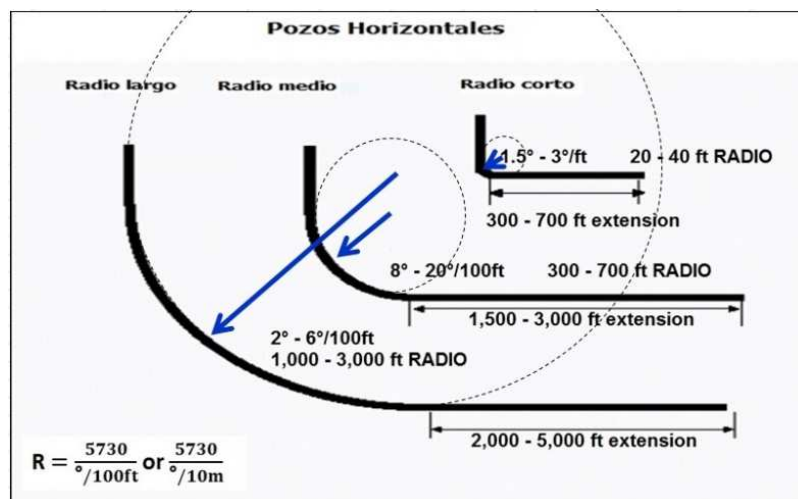
Consiste en perforar verticalmente hasta un punto de desviación profunda e iniciar la construcción rápidamente hasta alcanzar el objetivo (Figura 4-8).



**Figura 4 - 8: Perfiles de Pozo Tipo I, II y III**  
 Fuente: *Well Engineering & Construction* (Rabia, p. 455)

**Horizontal**

Consiste en perforar verticalmente hasta la profundidad de inicio de la desviación. Luego, se construye la curva a cierta tasa de construcción hasta alcanzar 90° de inclinación para luego perforar horizontalmente dentro de la zona productiva. Estos pozos se dividen en pozos de radio corto, medio y largo, y se basan en la tasa de construcción de la curva (Figura 4-9).



**Figura 4 - 9: Pozos Horizontales**  
 Fuente: *Well Engineering & Construction* (Rabia, p. 626)

**4.4. Planificación de un Pozo Direccional**

Para poder planificar un pozo direccional se debe contar con la siguiente información:

#### **4.4.1. Coordenadas de Superficie**

Lo primero que se debe definir es el sistema de coordenadas y el punto de origen de referencia que por lo general es la ubicación del taladro en superficie. Las coordenadas *Universal Transverse Mercator* (UTM) son la de mayor aceptación en la industria petrolera.

#### **4.4.2. Coordenadas del Objetivo**

El objetivo a alcanzar puede ser estructuras geológicas u otros pozos (pozo de alivio). Al igual que las coordenadas de superficie, esta se aplica también para los objetivos en el subsuelo con la adición de la profundidad vertical del o los objetivos.

#### **4.4.3. Tamaño del Objetivo**

El costo de perforar un pozo es ampliamente dependiente de la exactitud requerida, así es que objetivos con límites aceptable deben ser bien definidas antes de iniciar la perforación. El tamaño del objetivo puede ser definido como una figura geométrica en dos dimensiones, siendo la más usada el círculo con un diámetro determinado.

#### **4.4.4. Perfil del Pozo Direccional**

Conociendo la posición de las coordenadas de superficie, del objetivo y profundidad vertical, es posible determinar el mejor perfil del pozo desde superficie hasta el objetivo. En general, los pozos direccionales pueden ser:

- Tipo *Slant*
- Tipo S
- Tipo Construcción Continua
- Tipo Horizontales

#### **4.4.5. Kick-Off Point (Profundidad de Inicio de Deflexión)**

Se define como un punto en la trayectoria del pozo, debajo de la locación de superficie, donde se inicia la desviación del pozo de la vertical.

#### **4.4.6. Build-Up & Drop Off Rate (Tasa de incremento y disminución de la inclinación)**

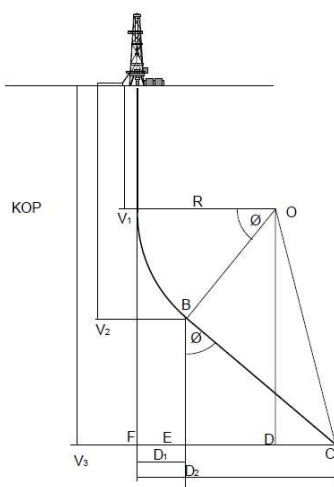
La máxima tasa de construcción/disminución permisible es normalmente determinada por uno o más de la siguiente información:

- Profundidad total del pozo.
- Limitaciones del máximo torque & arrastre.

- Elevado *Dog Leg Severity* (DLS) en la sección de la construcción del pozo resulta en alto torque & arrastre perforar las ultimas secciones del pozo.
- Las formaciones por donde pasa la construcción de la curva.
- Limitaciones mecánicas de las herramientas de registros y sargas de producción.
- Formación de ojos de llaves en la zona de *Kick-off*.

#### 4.4.7. Cálculo de Trayectoria

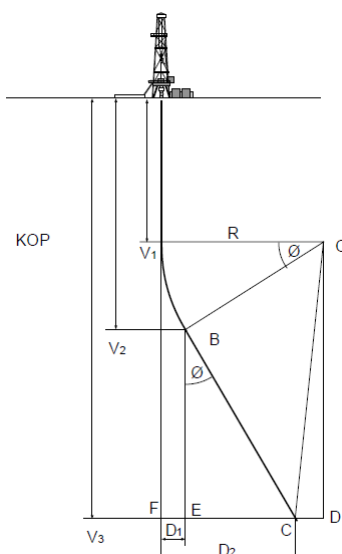
Pozo Tipo *Slant* donde el radio de la curva  $R$  es menor que el desplazamiento total del objetivo (Figura 4-10).



**Figura 4 - 10: Pozo Tipo *Slant* ( $R <$  Desplazamiento total del Objetivo)**

Fuente: *Directional Drilling Training Manual* (Schlumberger, 1997, p. 3.26)

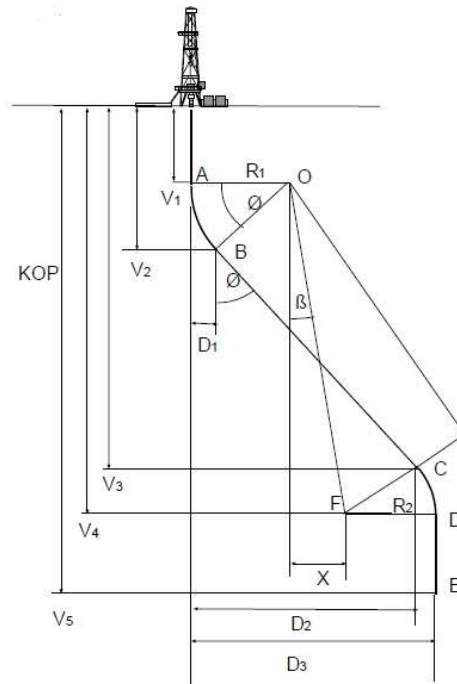
Pozo Tipo *Slant* donde el radio de la curva  $R$  es mayor que el desplazamiento total del objetivo (Figura 4-11).



**Figura 4 - 11: Pozo Tipo *Slant* ( $R >$  Desplazamiento total del Objetivo)**

Fuente: *Directional Drilling Training Manual* (Schlumberger, 1997, p. 3.27)

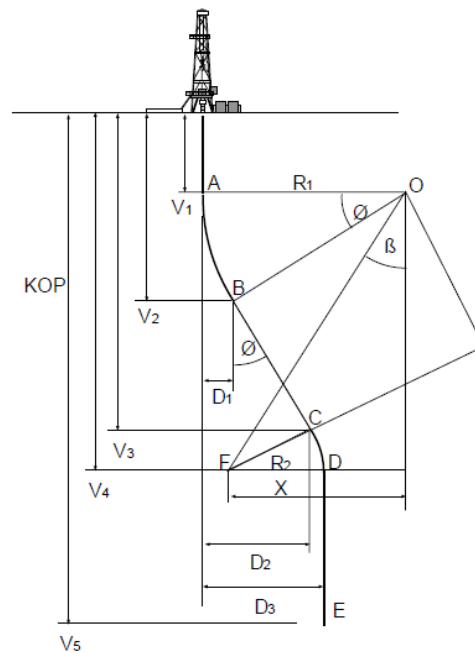
Pozo Tipo “S” donde la suma de los radios de las curvas de construcción y disminución es menor que el desplazamiento total del objetivo (Figura 4-12).



**Figura 4 - 12: Pozo Tipo S ( $R_1+R_2 <$  Desplazamiento total del Objetivo)**

Fuente: *Directional Drilling Training Manual* (Schlumberger, 1997, p. 3.28)

Pozo Tipo “S” donde la suma de los radios de las curvas de construcción y decremento es mayor que el desplazamiento total del objetivo (Figura 4-13).

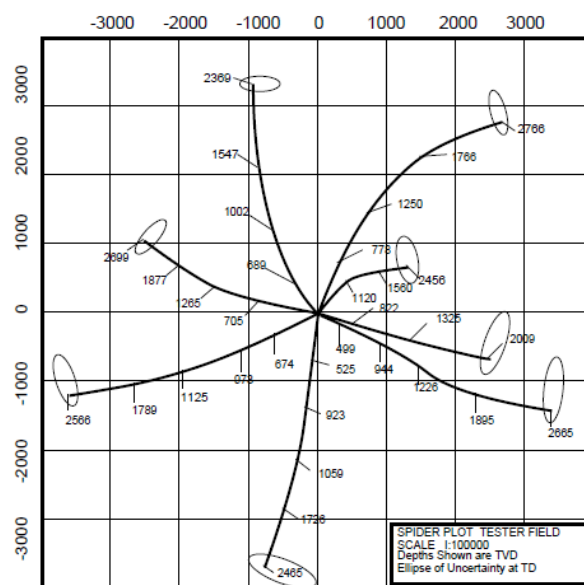


**Figura 4 - 13: Pozo Tipo S ( $R_1+R_2 >$  Desplazamiento total del Objetivo)**

Fuente: *Directional Drilling Training Manual* (Schlumberger, 1997, p. 3.29)

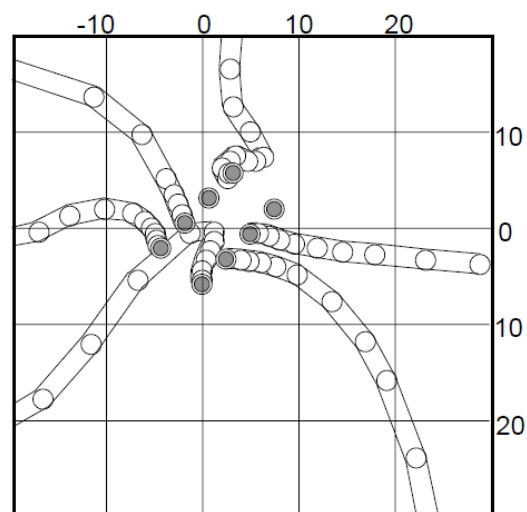
#### 4.4.8. Análisis de Riesgos de Colisión

Colisión con pozos vecinos puede ser un problema cuando se perfora múltiples pozos desde una locación en superficie. La planificación de anticolidión comienza con estudios precisos de la posición del pozo planificado y todos los pozos existentes en sus proximidades, así como los planes de pozos futuros que se perforarán en los alrededores. Los registros y los planes de los pozos se utilizan para mapear la cercanía del nuevo pozo con todos los existentes y cualquier propuesto para el futuro. Estos mapas, *spider plots*, son de pequeña escala para proporcionar una visión global del campo (Figura 4-14), y en gran escala para permitir el análisis de una parte en particular del campo (Figura 4-15).



**Figura 4 - 14: Spider plot en pequeña escala**

Fuente: *Directional Drilling Training Manual* (Schlumberger, 1997, p. 3.34)

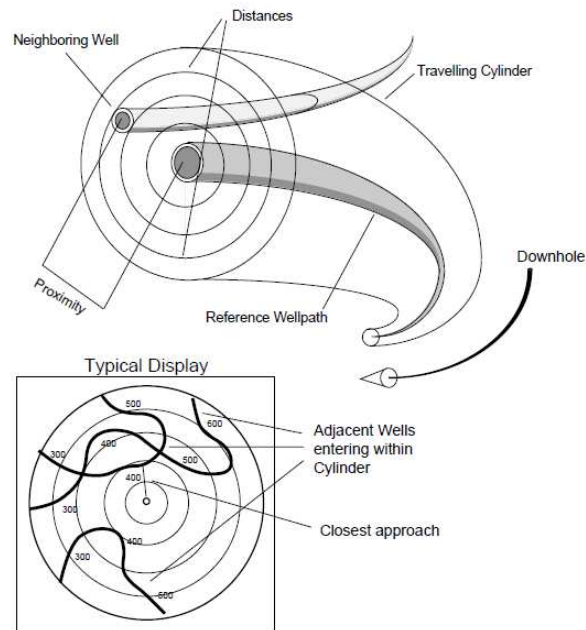


**Figura 4 - 15: Spider plot en gran escala**

Fuente: *Directional Drilling Training Manual* (Schlumberger, 1997, p. 3.34)



Programas computarizados de planificación de perforación direccional ofrecen algún tipo de anti-colisión, o análisis de proximidad. Uno de los más utilizados se conoce como el cilindro viajero. El análisis del cilindro viajero (Figura 4-16) implica imaginar un cilindro con un radio dado que encierra el pozo de una profundidad a otra. Cualquier pozo que entre en este cilindro se representa gráficamente.

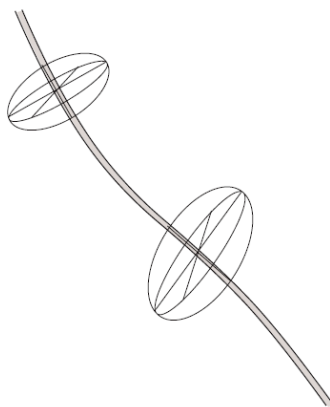


**Figura 4 - 16: Análisis del Cilindro Viajero y gráfico**

Fuente: *Directional Drilling Training Manual* (Schlumberger, 1997, p. 3.35)

### Volúmenes de Incertidumbre

Los sistemas para registrar pozos direccionales tienen una precisión limitada. Algunos sistemas son más precisos que otros, pero todos ellos son propensos a un cierto grado de error inherente. *Wolff & De Wardt* analizaron los registros de desviación de una serie de pozos en el Mar del Norte y basaron sus recomendaciones en estos datos. Propusieron una elipse, que representa la envolvente de la posición probable de un punto determinado de registro de desviación basado en el error asociado con los componentes de la medición del registro. Cuantificaron los errores sistemáticos asociados para diferentes herramientas y con ello se pudo estimar el rango total de error en la posición dada por un registro de desviación - y por lo tanto definir el elipsoide con certeza (Figura 4-17).



**Figura 4 - 17: Elipse de incertidumbre**

Fuente: *Directional Drilling Training Manual* (Schlumberger, 1997, p. 3.36)

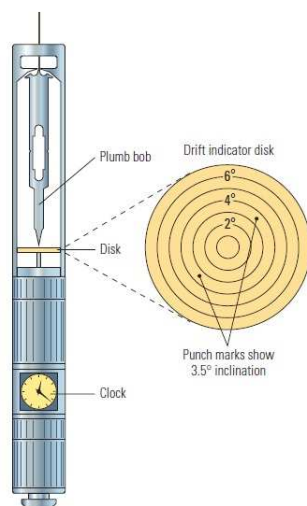
#### 4.4.9. Herramientas para toma de *Surveys*

##### 4.4.9.1. Totco

“Herramientas *Single Shot* son indicadores mecánicos de la inclinación (Figura 4-18), a menudo llamado por el nombre comercial TOTCO a pesar que también son hechos por otros fabricantes.

Principio de operación

La herramienta TOTCO es un instrumento de medición simple que consiste en un temporizador mecánico y una unidad angular. Cuando se activa el temporizador, la unidad angular presiona un disco de papel calibrado contra un péndulo y la inclinación se puede leer directamente desde la muesca creada”<sup>4</sup>.



**Figura 4 - 18: Totco**

Fuente: *Oilfield Review* (Buchanan, et al., 2013, p. 1)

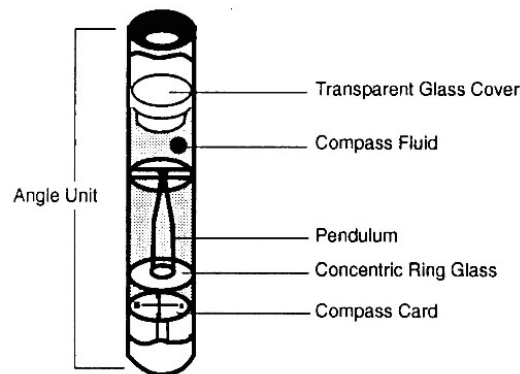
<sup>4</sup> WiperTrip.com Drilling and Well Engineering Resources

<http://www.wipertrip.com/surveying/inclination-only/510-totco-drift-indicator-description.html>

#### 4.4.9.2. Single Shot & Multishot Magnético

El instrumento de *Single Shot* Magnético se utiliza para registrar la dirección magnética e inclinación del pozo. También se utiliza para determinar el *toolface* (cara de la herramienta) de un dispositivo de deflexión cuando se desvía el pozo.

Consiste de una unidad angular conteniendo un compás magnético con una escala graduada de inclinación con diferentes círculos concéntricos, y una cámara la cual almacena una película en forma de disco y toma solamente una foto (Figura 4-19), que es revelada en superficie. Usa un temporizador para hacer funcionar el dispositivo.



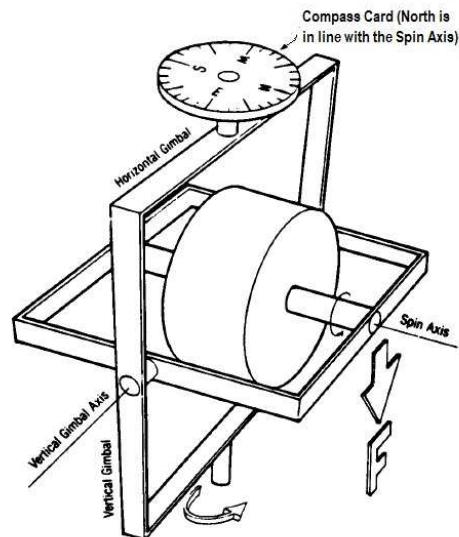
**Figura 4 - 19: Single Shot Magnético**

Fuente: *WiperTrip.com Drilling and Well Engineering Resources* (WiperTrip Drilling and Well Engineering Resources, 2016)

La herramienta de *Multishot* Magnético está programado para realizar una serie de lecturas separadas por un intervalo de tiempo preestablecido, y la unidad de cámara está diseñada para tomar una serie de registros en vez de sólo uno como en el *Single Shot*.

#### 4.4.9.3. Giroscopios

Consiste básicamente de una masa en equilibrio que es libre de girar en uno o más ejes en cualquier dirección (Figura 4-20). Se puede comparar con una peonza. Mientras la peonza gira lo suficientemente rápido, esta intenta mantener su orientación vertical. Si la peonza fuese propulsado por un motor a una velocidad particular designado por su masa, este permanecerá vertical durante el tiempo que el motor funcione, es decir, si no hay fuerzas externas actuando sobre él.



**Figura 4 - 20: Giroscopio típico**

Fuente: *Applied Drilling Engineering. SPE Text Book Series, Vol. 2* (Bourgoyne Jr, Miliheim, Chenevert, & Young Jr, p. 394)

El uso del instrumento Gyro es necesario cuando las lecturas del *survey* magnético se ven afectado por interferencia magnética de pozos vecinos.

Los giroscopios que envían la información a superficie vía cable eléctrico (*wireline*) son conocidos como giroscopios con lectura en superficie *Surface-Readout Gyro* (SRG). Estos instrumentos no tienen la capacidad independiente de encontrar la dirección, tiene que ser apuntado en una dirección conocida y tomarla como referencia, antes de bajarse al pozo.

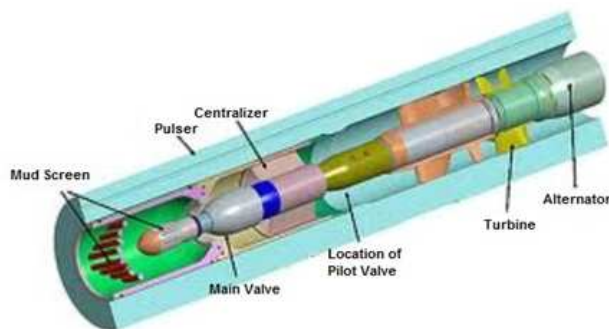
Los giroscopios *North Seeking Gyro* (NSG) no necesitan ser orientados hacia un punto de referencia geográfico, estos se alinean por sí mismos con la dirección del Norte Geográfico mediante la rotación de la tierra. El giroscopio NSG se mantiene estacionario mide la velocidad de rotación de la tierra como vector, y el componente horizontal del vector rotación de la tierra es utilizada para determinar la dirección relativa al Norte Geográfico.

#### **4.4.9.4. Herramientas MWD**

La herramienta *Measurement While Drilling* (MWD) se utiliza para orientar el *toolface* con los *Bottom Hole Assemblies* (BHA) orientables, o para tomar registros durante la perforación.

El sistema MWD más básico toma la inclinación y dirección a estaciones discretas. Sistemas más sofisticados tienen la capacidad de tener sensores adicionales, para *drilling mechanics* (peso sobre la broca, torque de fondo, shocks, presión y temperatura de fondo).

Un sistema MWD convencional consiste de una sonda, sistema de transmisión de datos y un paquete de equipos de superficie. La sonda (Figura 4-21) mide los datos direccionales en el hoyo y los envía a superficie por telemetría de pulso de lodo o por ondas electromagnéticas.



**Figura 4 - 21: Herramienta MWD**

Fuente: *WiperTrip.com Drilling and Well Engineering Resources* (WiperTrip Drilling and Well Engineering Resources, 2016)

La sonda de un sistema MWD comprende tres acelerómetros para medir la inclinación y tres magnetómetros para medir el *azimuth*. La sonda es idéntica a la del *single shot* y se coloca en un collar no magnético.

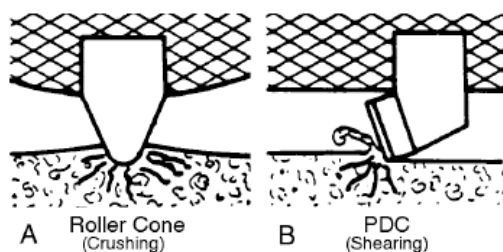
#### 4.4.10. Herramientas Básicas de una Sarta de Perforación Direccional

##### 4.4.10.1. Broca

En operaciones de perforación, la broca es lo primero que va en el agujero. La acción de corte de los diferentes tipos de brocas debe ser la primera consideración al seleccionarlas. Cada tipo de broca hace agujero de una manera diferente.

**Broca de conos:** Aplasta, escarba y deforma la roca (Figura 4-22A). La eficiencia de la perforación es mayormente afectada por WOB. Las brocas de cono tienen partes móviles las cuales deben funcionar a una velocidad de rotación deseada.

**Broca Polycrystalline Diamond Compact (PDC):** Elimina la formación de la superficie de la roca por cizallamiento. (Figura 4-22B).

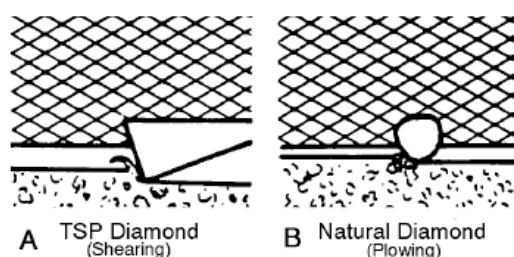


**Figura 4 - 22: Acción de corte de brocas de Cono (A) & PDC (B)**

Fuente: *Directional Drilling Training Manual* (Schlumberger, 1997, p. 8.3)

**Broca *Thermally Stable PDC* (TSP):** Tiene una acción de corte similar a la PDC pero el TSP es más tolerante al calor por lo que cortará una roca mucho más dura, pero el elemento de corte en sí es mucho más pequeño que un PDC que resulta en una tasa de penetración más lenta (Figura 4-23A).

**Broca de Diamante Natural:** Perforan las formaciones más duras. La acción de corte es la misma que las brocas de PDC y TSP pero el tamaño de los diamantes dictan que cantidades muy pequeñas de roca son removidos por cada diamante (Figura 4-23B).



**Figura 4 - 23: Acción de corte de brocas TSP (A) & Diamante Natural (B)**  
Fuente: *Directional Drilling Training Manual* (Schlumberger, 1997, p. 8.3)

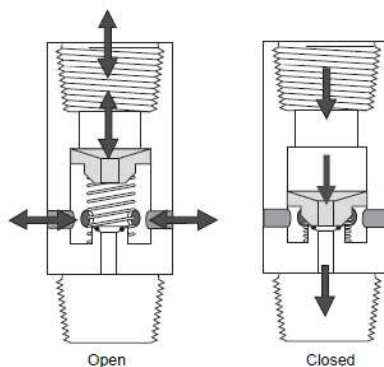
Las brocas PDC vienen en una variedad de formas, pero la mayor influencia en la maniobrabilidad es la longitud del calibre. Mientras más largo sea el calibre, mejor la broca perforará en línea recta. Por lo tanto, si queremos dirigir el hoyo a una dirección diferente, se debe elegir una broca con una sección de calibre más corto.

#### 4.4.10.2. Motor

Un motor de desplazamiento positivo *Positive Displacement Motor* (PDM) es un motor impulsado hidráulicamente que utiliza el principio de Moineau para girar la broca, independiente de rotación de la sarta de perforación.

Cualquier motor de fondo consiste de cuatro partes básicas:

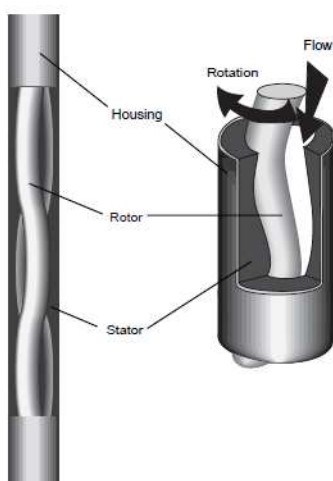
***Dump Valve* (Válvula de descarga):** Permite que el lodo llene o se drene de la sarta de perforación durante los viajes. Cuando se establece un caudal mínimo, el pistón de la válvula (Figura 4-24) es forzado hacia abajo, cerrando los puertos hacia el anular. Por lo tanto, todo el lodo pasa a través del motor. Cuando el caudal es inferior a este valor mínimo, un resorte devuelve el pistón de la válvula a la posición "abierta", abriendo los puertos hacia el anular. Permite que la sarta de perforación se llene de lodo cuando se baja en el hoyo y, si los puertos no están bloqueados por la formación, permite que la sarta salga vacía.



**Figura 4 - 24: Dump Valve**

Fuente: *Directional Drilling Training Manual* (Schlumberger, 1997, p. 7.3)

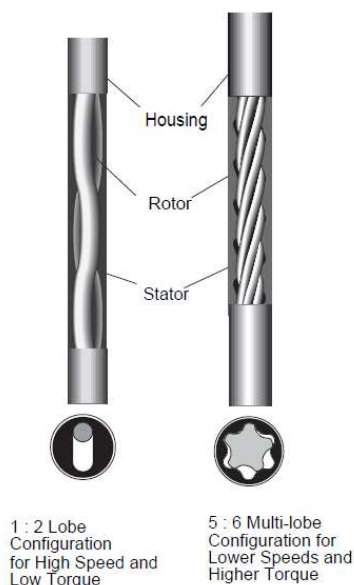
**Power Section (Sección de Potencia):** El fluido es bombeado dentro de cavidades progresivas del motor. La fuerza del movimiento del fluido hace que el eje gire dentro del estator (Figura 4-25). Por lo tanto, es un motor de desplazamiento positivo (comúnmente llamado un PDM). La fuerza de rotación se transmite entonces a través de la biela y el eje de accionamiento hacia la broca.



**Figura 4 - 25: Motor de Desplazamiento Positivo**

Fuente: *Directional Drilling Training Manual* (Schlumberger, 1997, p. 7.3)

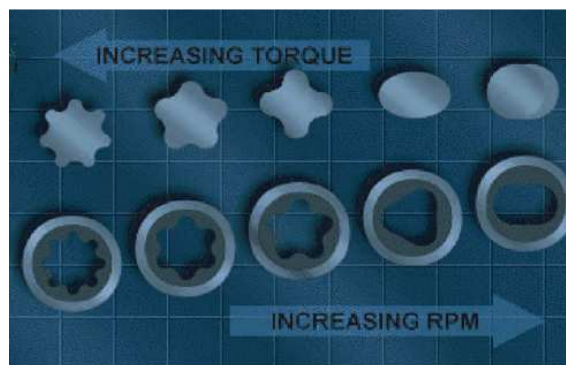
El rotor es de aleación de acero cromado de forma espiral. El estator es una carcasa de acero hueco, llena de un compuesto de caucho de elastómero con una cavidad en forma de espiral. El rotor se produce con perfil de coincidencia de lóbulo y helicoidal similar a la del estator, pero con un lóbulo menos. Cuando está montado, el rotor y el estator forman un sello continuo a lo largo de sus puntos de contacto coincidencia. Ejemplos de configuraciones de rotor/estator 1:2 y 5:6 se muestran en la Figura 4-26.



**Figura 4 - 26: Configuración de lóbulos en un PDM**

Fuente: *Directional Drilling Training Manual* (Schlumberger, 1997, p. 7.4)

Cada espiral completo del estator se llama una etapa. Un ligero ajuste de interferencia entre el diámetro exterior del rotor y el diámetro interior del estator controla la potencia del motor. Los motores se dividen en tipos de velocidad baja, velocidad media y velocidad alta. Ejemplos de diferentes configuraciones de rotor/estator se ilustran en la Figura 4-27. Cuanto mayor sea el número de lóbulos, mayor es el torque del motor y menor la RPM de salida.

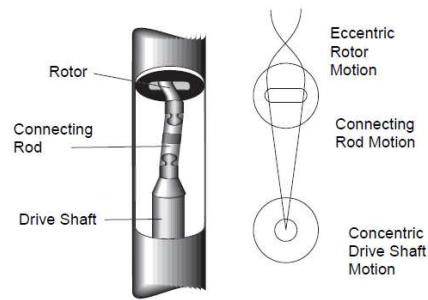


**Figura 4 - 27: Configuraciones típicas de Rotor/Estator**

Fuente: (Petroleum Engineering Handbook Vol II, p. 282)

**Connecting Rod Assembly (Biela):** Este está unido al extremo inferior del rotor. Transmite el torque velocidad de rotación desde el rotor al eje de accionamiento y la broca. La junta universal convierte el movimiento excéntrico del rotor en movimiento concéntrico al eje de accionamiento (Figura 4-28). En algunos modelos de motor, caucho reforzado cubren las juntas universales. Estos evitan la erosión por el lodo.

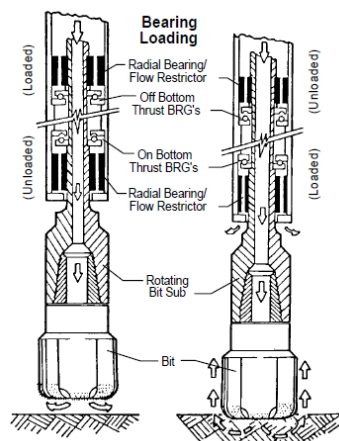




**Figura 4 - 28: Connecting Rod Assembly**

Fuente: *Directional Drilling Training Manual* (Schlumberger, 1997, p. 7.5)

**Bearing and Drive Shaft Assembly (Eje de transmisión y rodamiento):** El eje de accionamiento es un componente de acero hueco construido de manera rígida. Es soportado dentro del alojamiento de rodamientos por rodamientos de empuje axial y radial (Figura 4-29). El conjunto de rodamientos transmite empuje de perforación y potencia de rotación a la broca. La mayor parte del lodo fluye a través del centro del eje de accionamiento hacia la broca.

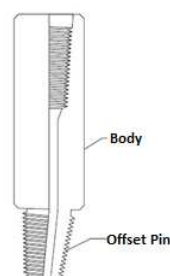


**Figura 4 - 29: Carga de los rodamientos**

Fuente: *Directional Drilling Training Manual* (Schlumberger, 1997, p. 7.6)

#### 4.4.10.3. Bent Sub

Sub con pin maquinado con cierto ángulo de desviación ( $1^\circ$  to  $3^\circ$ ). Figura 4-30. Se usa encima del motor de fondo para desviar el pozo hacia la dirección planificada.



**Figura 4 - 30: Bent Sub**

Fuente: *Directional Drilling Training Manual* (Schlumberger, 1997, p. 5.13)

#### 4.4.10.4. Float Sub

*Sub* maquinado para alojar una válvula flotadora (Figura 4-31).



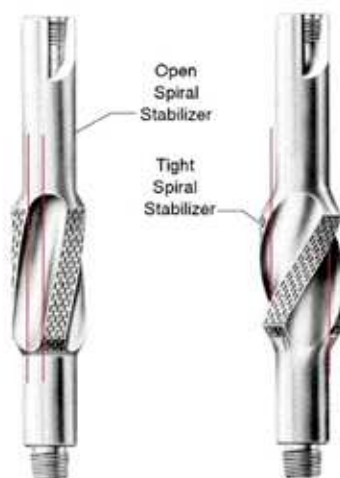
**Figura 4 - 31: Float Sub**

Fuente: *America West Drilling Supply* (America West Drilling Supply, 2016)

#### 4.4.10.5. Estabilizador

Son parte indispensable de casi todos los ensamblajes rotarios (Figura 4-32). Se usan para:

- Controlar la desviación del hoyo.
- Reducir el riesgo de atascamiento por presión diferencial.
- Repasar dog legs y keyseats.

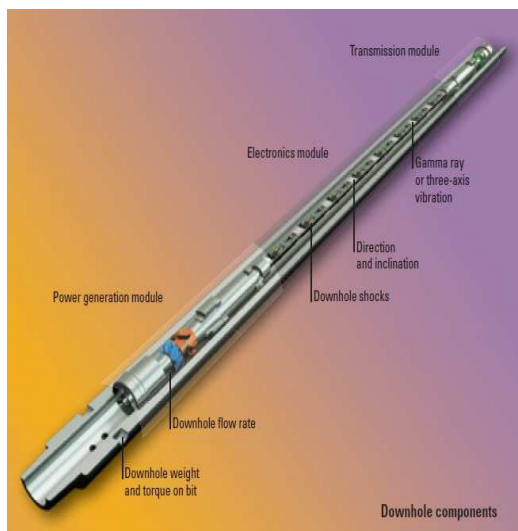


**Figura 4 - 32: Estabilizador String tipo Espiral**

Fuente: *Directional Drilling Training Manual* (Schlumberger, 1997, p. 5.6)

#### 4.4.10.6. Herramienta MWD

Mide la Inclinación y Dirección del pozo (Figura 4-33). Permite orientar herramientas deflectoras (motor, *whipstock*, *jetting*) con el uso del *toolface*. Provee mecanismo para transmitir la información de fondo de pozo a superficie. Puede suministrar mediciones de Rayos Gamma y *Drilling Mechanics*.



**Figura 4 - 33: Herramienta MWD**

Fuente: Brochure Telescope (Schlumberger, 2016, p. 2)

#### 4.4.10.7. Monel

Son normalmente lisos. Alojamos los instrumentos magnéticos para la toma de *surveys*. Deben ser de suficiente longitud para aislar los instrumentos y no se vean afectados por la interferencia magnética proveniente de los componentes de acero del BHA. Cumplen también la función de dar peso a la broca así como rigidez al BHA.

#### 4.4.10.8. Orienting Sub

Conocido como *Universal Bottom Hole Orientating sub* (UBHO). Está maquinado para alojar una camisa llamada *sleeve* donde sienta el *mule shoe* de la herramienta *single shot* o de Gyro. Esta camisa está alineado con el *high side* del *bent sub* o motor.

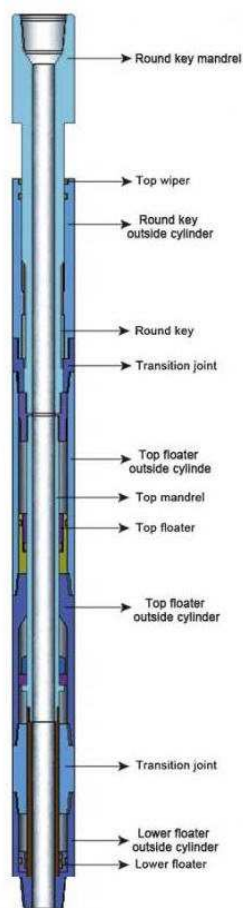
#### 4.4.10.9. Drill Collar

Son tubulares pesados y rígidos. Se usan en el BHA para dar peso a la broca y rigidez al BHA. Están disponibles como lisos y espiralados (Figura 4-34).



**Figura 4 - 34: Drill Collar liso y espiralado**

Fuente: *Directional Drilling Training Manual* (Schlumberger, 1997, p. 5.2)



#### 4.4.10.10. Martillo

Herramientas operados mecánica o hidráulicamente (Figura 4-36) para proporcionar un golpe de alto impacto sobre la sarta de perforación dentro del pozo para el caso en que sobrevenga una pega de tubería. La dirección para la cual se active el martillo depende del movimiento de la tubería cuando ocurrió la pega. Un golpe hacia abajo se obtendrá si la tubería estaba quieta o moviéndose hacia arriba. Un golpe hacia arriba se obtendrá si la tubería se está moviendo hacia abajo.

Para liberar la tubería se necesita que el martillo esté por encima del punto de pega, por esto se les ubica a los martillos en la parte superior del ensamblaje de fondo (BHA), siempre arriba de los estabilizadores y otras herramientas de mayor diámetro susceptibles a pegarse.

El martillo consiste en un tubo de diámetro mayor el cual está unido a la sarta de abajo (la que está pegada) y un mandril de diámetro inferior, unido a la tubería libre de arriba, el cual puede deslizarse liberando una gran energía (aceleración y fuerza) rápidamente bien sea hacia arriba o hacia abajo.

**Figura 4 - 35: Martillo Hidráulico**

Fuente: (BOTTA Equipment, 2016)

#### 4.4.10.11. Bit Sub

*Sub Box-Box* usado para conectar la broca con la sarta de perforación (Figura 4-35).

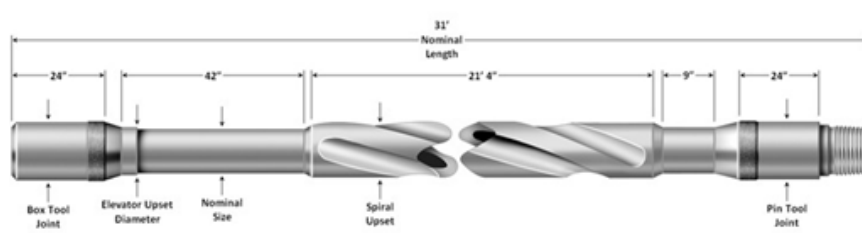


**Figura 4 - 36: Bit Sub**

Fuente: (BOTTA Equipment, 2016)

#### 4.4.10.12. Heavy Weight Drill Pipe

Tubería con peso intermedio entre *drill pipe* y *drill collar* (Figura 4-37). Es menos rígido que el *drill collar* y tiene mucho menos área de contacto con la pared del pozo.



**Figura 4 - 37: Heavy Weight Drill Pipe**

Fuente: (Bestar, 2016)

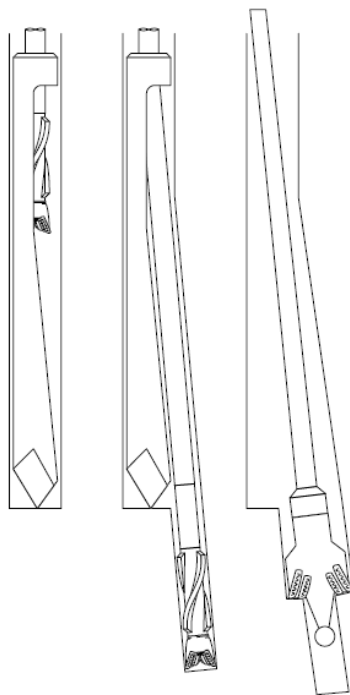
#### 4.4.11. Métodos de Deflexión

##### 4.4.11.1. Whipstock o Cuchara

Este es el método más antiguo, actualmente reemplazado por los motores de fondo o Sistema Rotatorio, los cuales tienen un mejor control de las patas de perro.

El *Whipstock* Recuperable Estándar (Figura 4-38) se utiliza principalmente para iniciar el desvío de los pozos, pero también se puede utilizar para trabajos de *sidetracking*. Se compone de una cuña de acero largo invertida que es cóncava en un lado para sostener y guiar la sarta de perforación hacia una dirección dada. Se utiliza con una sarta de perforación que consiste de una broca, un estabilizador, y un *orienting sub*, rígidamente unido al *whipstock* por medio de un pin de seguridad.

El *whipstock* se baja al fondo del hoyo y es orientado en la dirección planificada. Se aplica peso para sentar el *whipstock* y romper el *pin*. Luego, se perfora y la broca es forzada a desviarse hacia un lado perforando un *rat hole* de 12 a 16 ft por debajo de la punta del *whipstock*. Posteriormente la sarta de perforación es sacada a superficie junto con el *whipstock*. Un ampliador es bajado para abrir el *rat hole* a *full* calibre. El ampliador es entonces sacado a superficie y un ensamble de rápida construcción es bajado en el hoyo para seguir la deflexión inicial. Todo este procedimiento puede tener que repetirse varias veces en el proceso de desviación inicial.



**Figura 4 - 38: Método de deflexión con Whipstock**

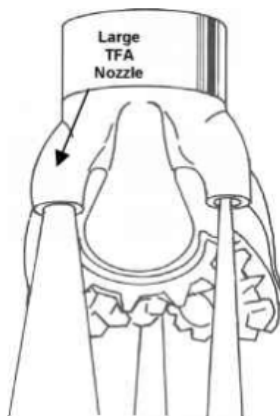
Fuente: *Directional Drilling Training Manual* (Schlumberger, 1997, p. 5.18)

#### 4.4.11.2. Jetting

Esta técnica se utiliza para desviar el pozo en formaciones blandas. El pozo puede ser desviado y construido hasta un máximo de inclinación usando un BHA. Se usa una broca estándar de dientes largos, normalmente utilizando una boquilla muy grande y las otras dos ciegas (o muy pequeñas), Figura 4-39.

Un BHA típico de *Jetting* es:

· *Bit + Near Bit Stab + UBHO MWD + NMDC + Stab + DC + Stab.*, etc.



**Figura 4 - 39: Arreglo de la broca para *Jetting***

Fuente: (Netwas Group Oil, 2016)

El centro de la boquilla grande representa el *toolface* de la herramienta y está orientado en la dirección deseada.

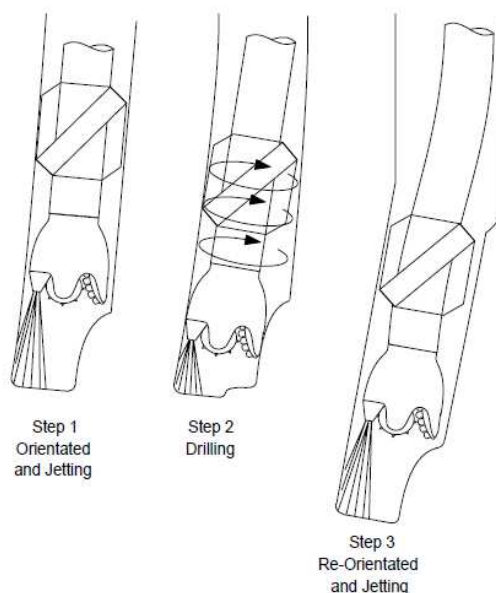
Tasa de máxima circulación se utiliza mientras se ejecuta el trabajo de *jetting* y la sarta de perforación es sentada en el fondo recuperando rápidamente el peso en la broca. Un bolsillo se lava en la formación frente a la boquilla grande.

La broca y el estabilizador *near-bit* se abren camino en el bolsillo hasta que el estabilizador *near-bit* sea cubierto por el nuevo hoyo. Si es necesario, la broca se puede levantar fuera de fondo y el bolsillo repasado nuevamente. Otra técnica que puede ayudar es girar un poco a la derecha e izquierda de nuestra marca de orientación, mientras se perfora aplicando el *jetting*.

Después de unos pocos pies (típicamente 5 ft) haya sido perforado con *jetting*, el caudal se reduce al 50% aproximadamente, y la sarta de perforación es rotado. Alto WOB y bajo RPM se utilizan para tratar de pandear los *drill collars* por encima del estabilizador *near-bit* y forzar al BHA que siga la tendencia establecida del *jetting*. La desviación se produce en la dirección en la que se orientó originalmente la boquilla grande. Después de tomar registro de desviación, la orientación (*toolface* de la herramienta) se ajusta según sea necesario, en función de los resultados obtenidos con la configuración anterior.

La operación se repite tantas veces como sea necesario hasta que se haya alcanzado suficiente inclinación y el pozo se dirija en la dirección deseada. La inclinación del hoyo entonces se puede construir hasta un ángulo máximo usando 100% rotación. Este método de *jetting* es compatible con el método de *Single Shot* o MWD.

La Figura 4-40 ilustra la secuencia.



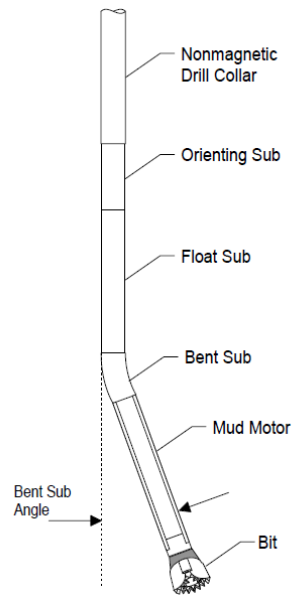
**Figura 4 - 40: Método de Deflexión *Jetting***

Fuente: *Directional Drilling Training Manual* (Schlumberger, 1997, p. 5.19)

#### 4.4.11.3. Motor de Desplazamiento Positivo con *Bent Sub*

En este método (Figura 4-41), un *bent sub* se corre directamente encima de un PDM. Un BHA típico es como sigue: *Bit* + PDM + *Bent Sub* + *Float Sub* + *Orienting Sub* (UBHO) + DC No magnético + DC de Acero + HWDP + DP.

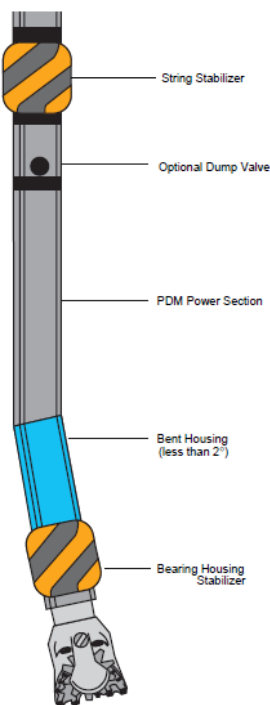
El *bent sub* permite que se produzca la desviación al empujar el motor hacia un lado del hoyo. A medida que la perforación avanza en modo *slide*, la broca se ve obligada a seguir una trayectoria curva. El grado de curvatura depende del ángulo del *pin* y del diámetro exterior del motor, *bent sub* y *drill collars* en relación con el diámetro del agujero. También depende de la longitud del motor y del tipo de formación. La combinación apropiada de broca – *bent sub*/PDM es elegida para dar la severidad de pata de perro deseado.



**Figura 4 - 41: Típico BHA con Motor**

Fuente: *Directional Drilling Training Manual* (Schlumberger, 1997, p. 5.21)

El tipo de motor navegable más común (Figura 4-42) es del diseño con *bent-housing*. La carcasa del motor no es recto sino una de sus conexiones es maquinada a un preciso ángulo *offset* conocido como ángulo del *bent housing*. Debido a que el doblado en la carcasa está bastante cerca de la broca, el *offset* nominal de la broca es mucho menor que cuando se utiliza un PDM recto con *bent sub* como el método de desviación.



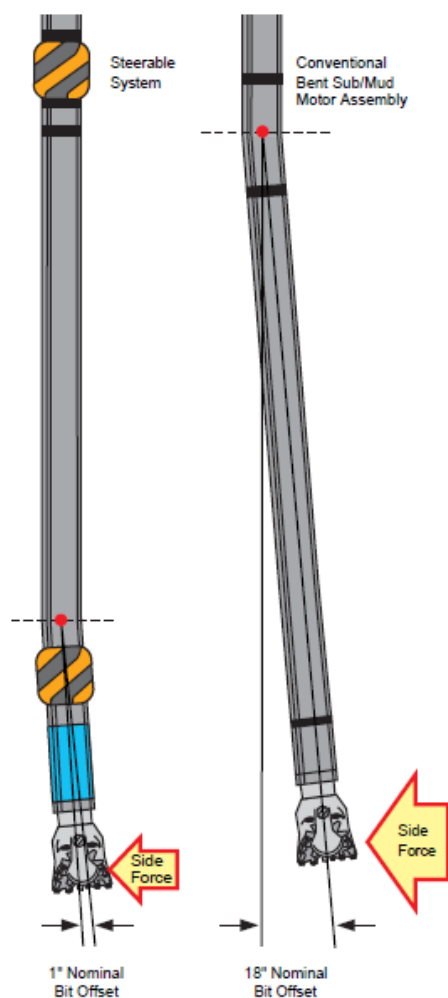
**Figura 4 - 42: Motor navegable**

Fuente: *Directional Drilling Training Manual* (Schlumberger, 1997, p. 5.22)



Esto se muestra en la Figura 4-43. Sin embargo, la tasa de deflexión conseguida con un ángulo de *bent housing* relativamente pequeño es alta. Un motor navegable se puede utilizar para realizar inicio de desvíos, corridas de corrección y *sideracks*. Sin embargo, la aplicación habitual de un motor navegable es como el componente principal de un BHA que se puede utilizar en modo orientado (deslizamiento) o en modo rotatorio. En el modo *slide*, el motor navegable cambia el curso del pozo, y en el modo rotatorio el BHA es diseñado como una sarta *locked*.

El uso ideal de un motor navegable es perforar una sección completa de punto de *casing* a punto de *casing*. En teoría, siempre que la selección de la broca y BHA es buena, un motor navegable puede permanecer en el hoyo hasta el siguiente punto de *casing*. El costo adicional para el cliente por correr el motor debe ser compensado por un ahorro significativo en tiempo de equipo - por menores viajes de entrada y salida y/o ROP más rápido. En la actualidad, se dispone de un *bent housing* ajustable en superficie.



**Figura 4 - 43: Offset de la broca en motor navegable**

Fuente: *Directional Drilling Training Manual* (Schlumberger, 1997, p. 5.23)

#### 4.4.11.4. Herramienta de Sistema Rotatorio

El *Rotary Steerable System* (RSS) es una evolución en la tecnología de perforación direccional que supera los inconvenientes con motores direccionales y con ensamblajes rotarios convencionales.

El RSS permite la rotación continua de la sarta de perforación, mientras dirige la broca. Por lo tanto, tienen una mejor tasa de penetración, en general, que los ensamblajes convencionales con motor de fondo. Otros beneficios incluyen una mejor limpieza del hoyo, menor torque y arrastre, y una mejor calidad del agujero. Los RSS's son mecánicamente y electrónicamente mucho más complejo, por lo tanto, más caro que sistemas convencionales con motor de fondo. Hay dos conceptos de navegación en el RSS, *point the bit* y *push the bit*. El sistema *point-the-bit* (Figura 4-44) utiliza el mismo principio empleado en los sistemas de motor con *bent-housing*. En RSS's, el *bent-housing* está contenido en el interior del collar, por lo que se puede orientar en la dirección deseada durante la rotación de la sarta de perforación. El sistema *push-the-bit* utiliza el principio de la aplicación de una fuerza lateral a la broca, empujándolo contra la pared del pozo para lograr la trayectoria deseada. La fuerza puede ser la presión hidráulica o en forma de fuerzas mecánicas.



**Figura 4 - 44: RSS Point the bit**

Fuente: Brochure PowerDrice Xceed (Schlumberger, 2016)

#### 4.4.12. Sartas de Perforación Direccional

##### 4.4.12.1. BHA's Rotarios

En el pasado, el enfoque clásico de un trabajo direccional típico (por ejemplo, punto de comienzo en hoyo de 17 1/2") era la siguiente:

- Uno o más BHA rotarios (hoyos de 36" y 26") se usaban para perforar la sección del hoyo superior. Un BHA rotario de 17-1/2" era usado para perforar el zapato de 20" y profundizar hasta el punto de comienzo de desvío.
- Una combinación de broca (17 1/2" o más pequeño) / motor de fondo / *bent sub* era bajada en el hoyo. Registros Magnéticos (O Gyro en caso necesario) *single shot* eran tomadas a

intervalos cortos. La inclinación del hoyo era construida hasta  $8^\circ$  en formaciones duras y  $\pm 15^\circ$  en formaciones más suaves. Después de haber logrado el *azimuth* requerido, este BHA era entonces sacado hasta superficie.

- c) Un BHA rotario de construcción era entonces bajado en el hoyo. Se construía hasta cerca a la máxima inclinación requerida por el plan. Al controlar los parámetros de perforación (WOB y RPM) se hacían todos los esfuerzos para mantener el *azimuth* en curso. Este BHA era entonces sacado a superficie.
- d) Un BHA rotario para mantener inclinación era entonces bajado en el hoyo. En un pozo tipo *Slant*, el objetivo era mantener la inclinación hasta el siguiente punto de *casing*. Los parámetros de perforación eran variados si se consideraba necesario.

Del escenario anterior, es claro que se requerían varios viajes para realizar cambios de BHA. Cuando se presentaban problemas direccionales, se perdían varios días a menudo. Incluso peor aún, un hoyo torcido resultaba de vez en cuando.

Con los registros de MWD el Direccional tenía más control sobre los intervalos de los registros. Llegó a ser común tomar registros de desviación en cada tubo perforado en el *kick off* y en la fase de la construcción. Aún mejor, en formaciones suaves se hacía posible construir la curva hasta la máxima inclinación requerida (incluso hasta  $\pm 50^\circ$  de inclinación) con la combinación broca/motor de fondo/*bent sub*/MWD. Esto eliminaba un viaje redondo para cambio de BHA. La llegada de los motores navegables significó que la perforación de una sección completa se hacía posible usando un sólo BHA que incluía una combinación de broca/motor navegable/estabilizador/MWD.

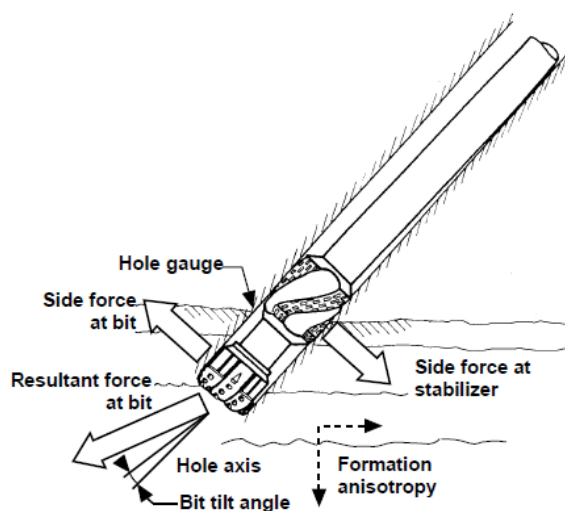
### **Teoría del BHA Rotario**

Una vez que la deflexión inicial y la dirección del pozo (es decir, el *kick off*) se ha logrado por la broca/motor/*bent sub*, el resto del pozo se perfora utilizando técnicas de perforación rotaria convencional.

### **Fuerza Lateral e Inclinación *Offset***

Las tendencias direccionales están en parte relacionadas a la dirección de la fuerza resultante en la broca. También se ha demostrado que la inclinación *offset* de la broca (el ángulo entre el eje de la broca y el eje del hoyo) influye en la dirección de la perforación. Esto se debe a que una broca es diseñada para perforar paralelo a su eje. En ensambles rotarios donde hay un

estabilizador *near-bit*, la inclinación *offset* de la broca es pequeño y hace que la magnitud de la fuerza lateral en la broca sea un factor clave (Figura 4-45).



**Figura 4 - 45: Fuerzas que actúan en la broca influyen en la dirección del hoyo**

Fuente: (Baker Hughes Inteq, 1995, p. 5.52)

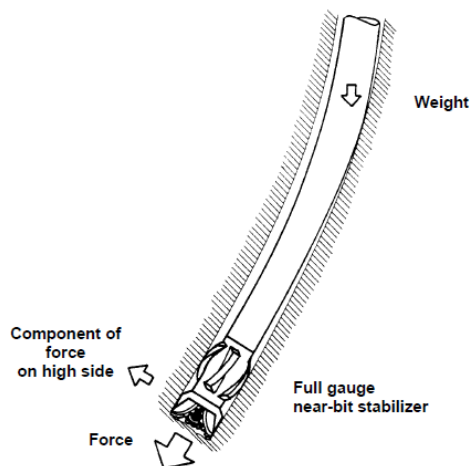
Factores que afectan la trayectoria de la broca

- Ubicación y calibre de los estabilizadores.
- Diámetro y longitud de los *Drill Collars*.
- Peso en la broca.
- Velocidad de la rotaria (RPM).
- Tipo de broca.
- Anisotropía de la formación y buzamiento de los planos de las capas estratigráficas.
- Dureza de la formación.
- Caudal.
- Tasa de penetración (ROP).

Principios de Control Direccional Básicos:

#### a) El Principio *Fulcrum*

Se usa para construir inclinación. Un ensamble con un estabilizador *near-bit* full calibre, separado a una distancia del primer estabilizador, construirá inclinación cuando se aplique peso sobre la broca. El estabilizador *near-bit* actúa como pivote, o punto de apoyo, de una palanca y la broca es empujado a la parte alta del hoyo (Figura 4-46). Por consiguiente, la broca perfora un camino curvándose gradualmente hacia arriba (el ensamble construye inclinación).



**Figura 4 - 46: BHA usando el principio *fulcrum***

Fuente: (Baker Hughes Inteq, 1995, p. 5.54)

La tasa de construcción aumentará por lo siguiente:

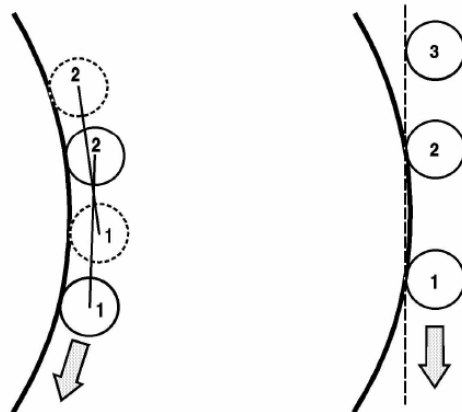
- Aumentando la distancia entre el estabilizador *near-bit* y primer estabilizador
- Aumento de la inclinación del pozo
- Reducción del diámetro del *drill collar*
- Aumento de peso sobre la broca
- Reducción de la velocidad de rotación
- Reducción del caudal (en formaciones suaves)

La distancia desde el estabilizador *near-bit* al primer estabilizador es la principal característica de diseño de un ensamble *fulcrum* que afectará la tasa de construcción. La tasa de construcción aumenta a medida que esta distancia se incrementa, debido a que una sección *fulcrum* más larga se doblará más, lo que aumentará el efecto *fulcrum* y la fuerza lateral en el lado alto del hoyo. La tasa de construcción aumenta a medida que aumenta la inclinación del hoyo porque hay un componente del peso de los *drill collars* mucho mayor que cause que se doblen. Por ejemplo, un ensamble de construcción fuerte que construye a una tasa de 1.5°/100 ft cuando la inclinación es sólo de 15° puede construir a 4°/100 ft cuando la inclinación es de 60°.

#### **b) El Principio de Estabilización**

Se usa para mantener inclinación y dirección. Este principio establece que si hay tres estabilizadores en sucesión detrás de la broca, separados por *drill collars* cortos y rígidos, entonces los tres estabilizadores se resistirán a ir alrededor de una curva y forzarán a la broca a perforar un camino bastante recto (Figura 4-47). Ensamblajes que utilizan este principio se

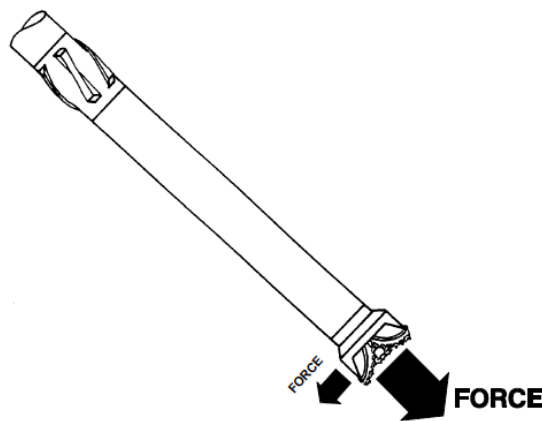
llaman ensambles empacados y se utilizan para perforar secciones tangentes de pozos direccionales, manteniendo inclinación y dirección.



**Figura 4 - 47: Principio de Estabilización**  
Fuente: (Baker Hughes Inteq, 1995, p. 5.60)

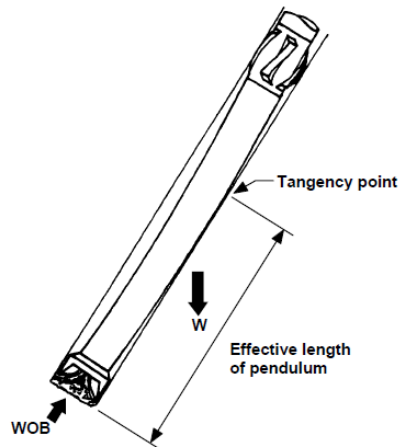
### c) El Principio Pendular

Se usa para reducir la inclinación. La porción del BHA desde la broca al primer estabilizador se cuelga como un péndulo y, debido a su propio peso, presiona la broca hacia la parte baja del hoyo (Figura 4-48). La característica importante del diseño de un ensamble pendular es que o bien no haya estabilizador *near-bit* o que haya un estabilizador *near-bit* fuera de calibre. En la mayoría de los casos en que se utiliza un ensamble pendular, el principal factor que causa la desviación es la fuerza en la broca que actúa en la parte baja del hoyo.



**Figura 4 - 48: Principio del péndulo**  
Fuente: (Baker Hughes Inteq, 1995, p. 5.64)

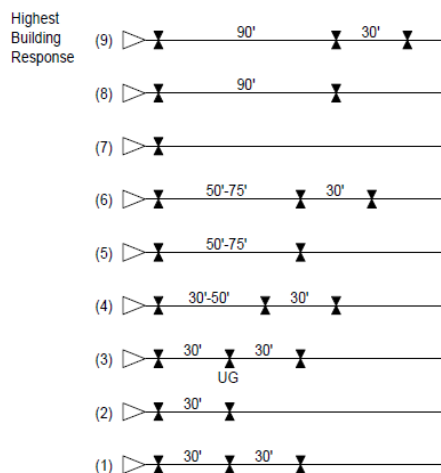
Si los *drill collars* hacen contacto con el lado bajo (Figura 4-49), entonces la longitud efectiva del péndulo y la fuerza lateral en el lado bajo son ambas reducidas.



**Figura 4 - 49: Reducción de la fuerza del péndulo debido al contacto con la pared del hoyo**  
Fuente: (Baker Hughes Inteq, 1995, p. 5.65)

#### 4.4.12.2. BHA's de Construcción

La Figura 4-50 muestra ejemplos de BHA's utilizados para la construcción de inclinación. La tasa de construcción del orden de  $5^{\circ}/100$  ft o más es posible con el BHA N°9, en función de la geología, inclinación, diámetro del hoyo, diámetro del drill collar y parámetros de perforación.



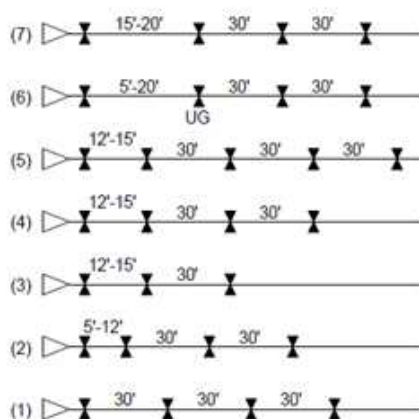
**Figura 4 - 50: BHA's de construcción de inclinación**  
Fuente: *Directional Drilling Training Manual* (Schlumberger, 1997, p. 10.14)

El BHA N°3 se utiliza como un ensamble de construcción ligero a medio, dependiendo de cuán fuera de calibre sea el estabilizador medio y cómo responde el BHA al peso en la broca. Para cualquier BHA de construcción, el estabilizador *near-bit* tiene que estar cerca a full calibre.

A medida que aumenta la inclinación del hoyo, es más fácil construir inclinación. Así pues, es aconsejable tomar *surveys* cada tubo durante la construcción de la curva. Esto permite que se evite *dog-legs* innecesarios y no deseados.

#### 4.4.12.3. BHA's para mantener Inclinación y Dirección:

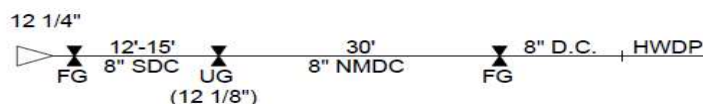
A fin de mantener la inclinación del hoyo dentro de una pequeña ventana, una condición de fuerza lateral neta cero en la broca tiene que ser buscada. Este tipo de BHA debe ser rígida. La rigidez del BHA también ayuda a controlar la tendencia de caminar de la broca. En la práctica, ligeros cambios en la inclinación del pozo a menudo se producen incluso con una buena selección de BHA empacado. Sin embargo, el objetivo es conseguir una carrera completa sin necesidad de sacar el BHA a superficie para un cambio. Experiencia sobre ciertas áreas debe dar datos suficientes para afinar el BHA. La Figura 4-51 muestra algunos BHA empacados.



**Figura 4 - 51: BHA's para mantener inclinación**

Fuente: *Directional Drilling Training Manual* (Schlumberger, 1997, p. 10.15)

Un BHA empacado típico para hoyo de 12-1/4" a 30° de inclinación se muestra en la Figura 4-52. Si se busca una ligera tendencia a construir (BHA de semi-construcción), el calibre del segundo estabilizador debe reducirse - normalmente hasta 12".



**Figura 4 - 52: BHA típico para mantener inclinación en hoyo de 12 1/4"**

Fuente: *Directional Drilling Training Manual* (Schlumberger, 1997, p. 10.15)

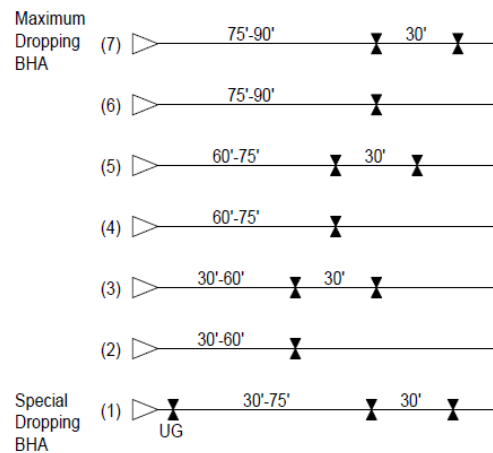
La respuesta de este tipo de BHA es determinada por los siguientes factores:

- El diámetro del hoyo.
- La distancia entre el estabilizador *near-bit* y estabilizadores inferiores.
- La rigidez del drill collar justo encima del estabilizador *near-bit*.
- Calibre de los estabilizadores.
- Los efectos de formación.
- Parámetros de perforación.



#### 4.4.12.4. BHA's para Reducir Inclinación

BHA's comunes para reducir inclinación se muestra en la Figura 4-53.

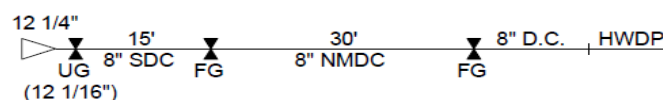


**Figura 4 - 53: BHA's para reducir inclinación**

Fuente: *Directional Drilling Training Manual* (Schlumberger, 1997, p. 10.16)

El BHA N°5 (péndulo de 60 ft) es el más común donde se requiera una alta tasa de reducción de inclinación ( $1.5^{\circ}$ - $4^{\circ}$ /100 ft) como en pozos direccionales tipo S. Sin embargo, los pozos tipo S son normalmente planeados con una tasa de disminución de  $1^{\circ}$ - $2^{\circ}$ /100 ft. Esto es con el fin de evitar *key seats* y un desgaste excesivo en los tubulares de perforación. Por lo tanto, un enfoque común es iniciar la disminución de la inclinación antes de lo que el programa indique con un BHA menos agresivo ( $1^{\circ}$ - $1.5^{\circ}$ /100 ft) el cual incorpora un estabilizador *near-bit* fuera de calibre (BHA N°1). Cuando la inclinación cae cerca de  $15^{\circ}$  (momento en el que la fuerza de la gravedad es mucho menos), un viaje a superficie se debe realizar y el BHA N°5 se debe entonces usar para perforar hasta TD del pozo.

Un BHA empacado que incorpore un estabilizador *near-bit* fuera de calibre (Figura 4-54) se conoce como un BHA *semi-drop*. Este tipo de BHA se utiliza a menudo en pozos tipo *Slant* donde el pozo está "por encima del plan" y se quiere caer en el objetivo con una caída lenta en la inclinación (típicamente  $0.1^{\circ}$ - $0.5^{\circ}$ /100 ft). La tasa de reducción obtenido se determina por cuan fuera de calibre es el estabilizador *near-bit*. Parte del trabajo direccional es elegir el calibre correcto del estabilizador en una situación dada. La experiencia de los pozos vecinos es indispensable.



**Figura 4 - 54: BHA semi-drop**

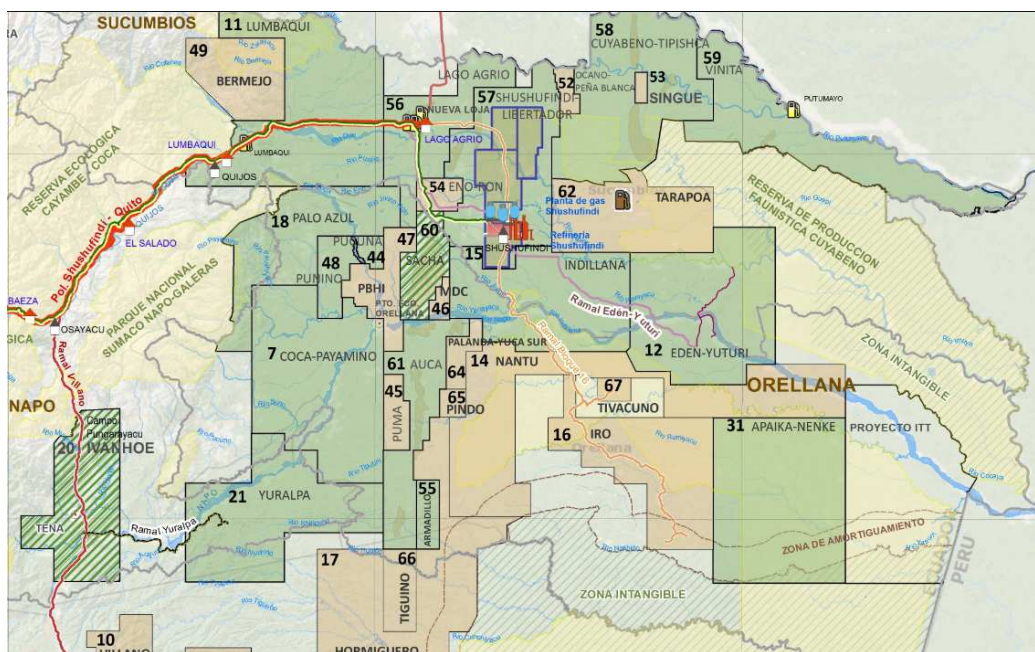
Fuente: *Directional Drilling Training Manual* (Schlumberger, 1997, p. 10.17)

## CAPÍTULO V.- PERFORACIÓN DIRECCIONAL EN EL ORIENTE ECUATORIANO

### 5.1. Ubicación

“El Campo, objeto de este informe, se encuentra ubicado en la Región Amazónica del Ecuador (Figura 5-1). Esta región comprende las provincias de Sucumbíos, Orellana, Napo, Pastaza, Morona y Zamora. Se extiende sobre un área de 120.000 km<sup>2</sup> de exuberante vegetación, propia de los bosques húmedo-tropicales, representa el 48% del territorio Ecuatoriano. Sus límites están marcados por la Cordillera de los Andes en la parte occidental de esta región, mientras que Perú y Colombia en el límite meridional y oriental, respectivamente.”<sup>5</sup>

Según la Estadística Hidrocarburífera del año 2015 publicada por la Secretaría de Hidrocarburos del Ecuador, la actividad de perforación en la Región Amazónica comprende de 152 pozos por parte de la Empresa Estatal Petroamazonas EP que equivale al 73.08%, 17 pozos por parte de Río Napo que equivale al 8.17%. A las compañías privadas se le atribuye 39 pozos, destacándose Andes Petroleum con 23 pozos que equivale al 11.06%; Petro-oriental con 6 pozos que equivale al 2.88%, y los 10 pozos restantes a las demás empresas que operan en el país que significa el 4.81%.



**Figura 5 - 1: Región Amazónica del Ecuador**  
Fuente: Mapa Catastral Ecuador (Petroecuador, 2016)

<sup>5</sup> Wikipedia, La enciclopedia libre  
[https://es.wikipedia.org/wiki/Regi%C3%B3n\\_amaz%C3%B3nica\\_del\\_Ecuador](https://es.wikipedia.org/wiki/Regi%C3%B3n_amaz%C3%B3nica_del_Ecuador)

## 5.2. Columna Estratigráfica del Oriente Ecuatoriano

La columna estratigráfica del Oriente Ecuatoriano presenta una litología compuesta por distintas formaciones que se muestran en la siguiente figura:


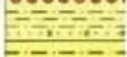














| EDAD       | FORMACIÓN  | DESCRIPCIÓN LITOLÓGICA  |  |
|------------|------------|---|--|
| Q          | MESA       |    | Terrazas de arcillas y arenisca tobáceas, Conglomerados                      |
| TERCIARIO  | CHAMBIRA   |    | Arcillas, areniscas, conglomerados   |
|            | ARANJUNO   |    | Conglomerados, arcillas en partes  |
|            | CHALCANA   |    | Arcillas, poca arenisca  |
|            | ORTEGUASA  |    | Lutitas pardas, poca arenisca  |
|            | TIYUYACU   |    | Arcillas rojas, verdes, violeta, areniscas gruesas y conglomerado            |
| CRETÁCICO  | TENA       |    | Arcilla roja y areniscas   |
|            | M - 1      |    | Arenisca blanca cuarzosa porosa, permeable                                   |
|            | NAPO       |    | "A" - Arenisca<br>"U" - Caliza<br>"B" - Arenisca<br>"T" - Caliza             |
|            | HOLLÍN     |   | Arenisca cuarzosa blanca   |
| JURÁSICO   | Misahuilli |  | Flujos de lava, brechas, "Red Beds", arcillas, y arenisca, poco conglomerado |
|            | CHAPIZA    |  | Calizas y esquistos (bituminosos), escasa arenisca                           |
|            | SANTIAGO   |  | Caliza, lutita, dolomita, arenisca   |
| PALEOZOICO | MACUMA     |  | Lutita gris-negro  |
|            | PUMBUIZA   |  | Esquistos, gneis, granito  |
| P C        | BASAMENTO  |  | Esquistos, gneis, granito  |

Figura 5 - 2: Columna Estratigráfica Oriente Ecuatoriano

Fuente: Escuela Politécnica Nacional (Reátegui, 2015)

## 5.3. Tipos de Pozos Perforados

En el Campo en estudio se han perforado en total 8 pozos, el primero de ellos pozo vertical con registros de inclinación tomado con herramienta Totco y los 7 restantes pozos direccionales tipo J modificado. Para propósitos de este informe, se analizaron los 7 pozos direccionales.

## 5.4. Pozos Perforados

Para propósitos de este Informe, se describe en detalle - desde la planificación hasta la perforación de todas las secciones del Pozo 2 - con el fin de visualizar y entender el proceso de perforación de un pozo direccional en el campo en estudio. Para los subsiguientes pozos, se hace un análisis de todos los pozos en conjunto por sección (16", 12 1/4" y 8 1/2").

## 5.4.1. Pozo 2

### 5.4.1.1. Plan Direccional

El plan direccional contempla el inicio de la desviación a 500 ft profundidad medida (*Measured Depth MD*) en la sección de 16" donde se construye un *nudge* con DLS de 1.50°/100 ft en dirección 155° *azimuth* hasta alcanzar la inclinación de 5° a 833 ft MD. Continúa construyendo y girando con DLS de 1.5°/100 ft hasta alcanzar 24.36° de inclinación y 186.15° de dirección a 2,182.43 ft MD. Mantiene sección tangente hasta 3,791 ft MD, punto de *casing* de 13 3/8" luego de haber perforado Chalcana e ingresar en Ortegua.

En la sección de 12 ¼" continúa la sección tangente con 24.36° de inclinación y 186.15° de *azimuth* hasta la profundidad de 6,511 ft MD, atravesando las formaciones de Ortegua, Tiyuyacu, Tena y Basal Tena, hasta llegar al tope de Napo donde se planifica correr *casing* de 9 5/8".

En la sección de 8 ½" continúa sección tangente de 24.36° de inclinación hasta pasar la Arenisca M1 Principal, objetivo principal donde el plan es recuperar núcleos. Posteriormente, tumbar a razón de 1.0°/100ft perforando las intercalaciones de Napo hasta alcanzar el TD del pozo dentro de la Arenisca U Inferior con 17.24° de inclinación y 186.15° de *azimuth* a 7,371ft MD.

**Tabla 5 - 1: Plan Direccional**

| Comentarios                      | MD (ft) | Incl (°) | Azim Grid (°) | TVD (ft) | VSEC (ft) | NS (ft)  | EW (ft) | DLS (°/100ft) |
|----------------------------------|---------|----------|---------------|----------|-----------|----------|---------|---------------|
| Tie-In                           | 0.00    | 0.00     | 155.00        | 0.00     | 0.00      | 0.00     | 0.00    | N/A           |
| Marker MudLine                   | 43.50   | 0.00     | 155.00        | 43.50    | 0.00      | 0.00     | 0.00    | 0.00          |
| KOP                              | 500.00  | 0.00     | 155.00        | 500.00   | 0.00      | 0.00     | 0.00    | 0.00          |
| EOC                              | 833.33  | 5.00     | 155.00        | 832.91   | 12.56     | -13.17   | 6.14    | 1.50          |
| ~ Interferencia Magnetica        | 1240.00 | 10.50    | 176.09        | 1235.78  | 64.49     | -66.24   | 16.17   | 1.50          |
| Chalcana                         | 1275.76 | 11.01    | 176.92        | 1270.92  | 71.08     | -72.90   | 16.57   | 1.50          |
| EOC (Curve-Hold)                 | 2182.43 | 24.36    | 186.15        | 2132.93  | 345.00    | -346.55  | 1.11    | 1.50          |
| Chalcana Inferior                | 2320.73 | 24.36    | 186.15        | 2258.92  | 402.03    | -403.26  | -5.00   | 0.00          |
| Ortegua                          | 3790.58 | 24.36    | 186.15        | 3597.92  | 1008.21   | -1006.02 | -69.99  | 0.00          |
| Profundidad de Casing de 13 3/8" | 3791.00 | 24.36    | 186.15        | 3598.30  | 1008.38   | -1006.20 | -70.01  | 0.00          |
| Tiyuyacu                         | 4778.53 | 24.36    | 186.15        | 4497.92  | 1415.65   | -1411.17 | -113.67 | 0.00          |
| Tena                             | 5999.20 | 24.36    | 186.15        | 5609.92  | 1919.06   | -1911.74 | -167.64 | 0.00          |
| Basal Tena                       | 6482.20 | 24.36    | 186.15        | 6049.92  | 2118.25   | -2109.81 | -188.99 | 0.00          |
| Napo                             | 6510.74 | 24.36    | 186.15        | 6075.92  | 2130.03   | -2121.52 | -190.26 | 0.00          |
| Profundidad de Casing de 9 5/8"  | 6511.00 | 24.36    | 186.15        | 6076.15  | 2130.13   | -2121.62 | -190.27 | 0.00          |
| Arenisca M1                      | 6584.28 | 24.36    | 186.15        | 6142.92  | 2160.36   | -2151.68 | -193.51 | 0.00          |
| KOP                              | 6658.93 | 24.36    | 186.15        | 6210.92  | 2191.14   | -2182.29 | -196.81 | 0.00          |
| Caliza M1                        | 6933.78 | 21.61    | 186.15        | 6463.92  | 2298.44   | -2288.98 | -208.31 | 1.00          |
| Caliza M2                        | 7067.62 | 20.27    | 186.15        | 6588.92  | 2346.27   | -2336.55 | -213.44 | 1.00          |
| Arenisca M2_b                    | 7163.27 | 19.32    | 186.15        | 6678.92  | 2378.66   | -2368.75 | -216.91 | 1.00          |
| Arenisca M2_a                    | 7202.43 | 18.92    | 186.15        | 6715.92  | 2391.49   | -2381.50 | -218.29 | 1.00          |
| Arenisca U Superior              | 7248.88 | 18.46    | 186.15        | 6759.92  | 2406.37   | -2396.30 | -219.88 | 1.00          |
| Arenisca U Inferior              | 7361.33 | 17.34    | 186.15        | 6866.92  | 2440.92   | -2430.66 | -223.59 | 1.00          |
| Profundidad de Liner de 7"       | 7371.00 | 17.24    | 186.15        | 6876.15  | 2443.80   | -2433.52 | -223.89 | 1.00          |

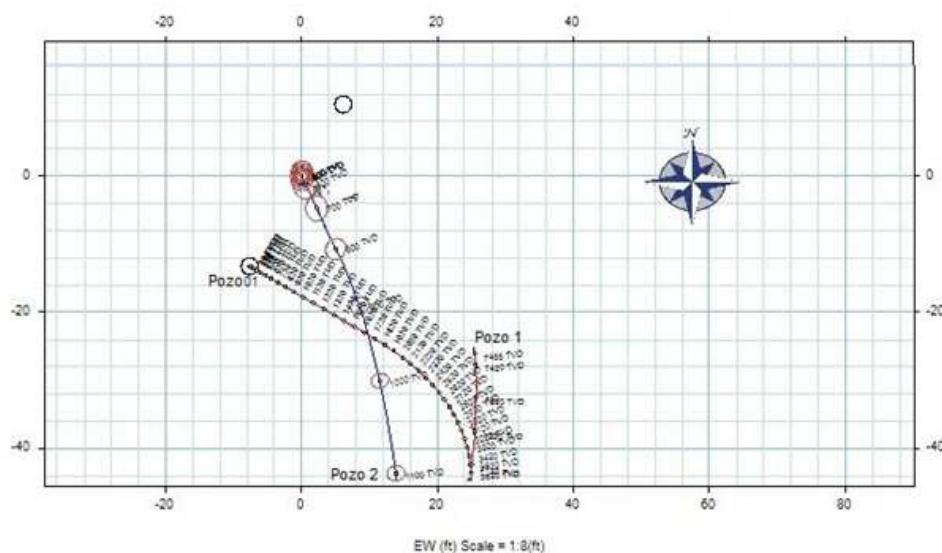
Fuente: Programa de Perforación Direccional del Pozo 2



### 5.4.1.2. Evaluación de Riesgo de Colisión

En el *pad* existe sólo un pozo perforado, el Pozo 1, el cual sólo tiene registros de inclinación más no de dirección. Debido a esta falta de información, se toma el peor escenario para el análisis de riesgo de colisión donde el punto más cercano es a 820 ft MD con una distancia Centro-Centro de 9.81ft. El plan es monitorear constantemente los parámetros de perforación, la calidad de los registros de desviación con el fin de evitar el acercamiento a este pozo.

El reporte de Interferencia Magnética Externa muestra que, debido a la cercanía del Pozo 1, se espera interferencia magnética proveniente del *casing* cercano hasta aproximadamente 1,240 ft MD. El monitoreo de la calidad de los registros de desviación es de suma importancia para verificar la existencia de interferencia magnética proveniente del Pozo 1.



**Figura 5 - 3: Spider Plot**

Fuente: Programa de Perforación Direccional del Pozo 2

**Tabla 5 - 2: Scan Magnético**

| MD (ft) | TVD (ft) | Distancia (ft) | Alerta |
|---------|----------|----------------|--------|
| 0.00    | 0.00     | 15.29          | Enter  |
| 43.50   | 43.50    | 15.29          |        |
| 100.00  | 100.00   | 15.29          | MinPt  |
| 200.00  | 200.00   | 15.29          |        |
| 300.00  | 300.00   | 15.30          |        |
| 400.00  | 400.00   | 15.33          |        |
| 500.00  | 500.00   | 15.38          | MinPt  |
| 600.00  | 599.99   | 14.61          |        |
| 700.00  | 699.91   | 12.32          |        |
| 800.00  | 799.69   | 9.95           |        |
| 833.33  | 832.91   | 9.84           |        |
| 900.00  | 899.28   | 11.47          |        |
| 1000.00 | 998.64   | 18.33          | Exit   |
| 1100.00 | 1097.71  | 29.20          |        |
| 1200.00 | 1196.41  | 43.17          |        |
| 1240.70 | 1236.47  | 50.00          |        |
| 1300.00 | 1294.69  | 59.96          |        |
| 1400.00 | 1392.47  | 79.46          |        |

Fuente: Programa de Perforación Direccional del Pozo 2

### 5.4.1.3. Programa de Registros de Desviación

Debido a la interferencia magnética esperada con el Pozo 1, se establece el uso de la herramienta Gyro desde superficie hasta aproximadamente 1,240 ft MD donde se espera salir de la zona de interferencia magnética. Posteriormente, la toma de registros de *surveys* se realiza con herramienta MWD hasta la profundidad final de la sección de 16” a 3,791 ft MD. En caso de observar interferencia magnética proveniente del BHA, estas se corrigen usando un programa de corrección.

**Tabla 5 - 3: Programa de Surveys**

| PART | Seq. | Survey Tool / Survey Tool Code | Vendor / Tool | Hole Size (in) | Casing Size (in) | Depth Interval |         | Survey Frequency (ft) | EOU size (in mini map) | EOU size (in mini map) | Gravity (BIM63 Based) | Comments / Contingency  |
|------|------|--------------------------------|---------------|----------------|------------------|----------------|---------|-----------------------|------------------------|------------------------|-----------------------|---|
|      |      |                                |               |                |                  | From (ft)      | To (ft) |                       |                        |                        |                       |   |
| 1    | 1    | GYRO                           |               | 16             | 13 3/8           | 0              | 43.50   | 1/100                 | 0.67                   | 0.67                   | 997.272               | Conda de Gyro por interferencia magnetica externa por pozos vecinos.  |
| 1    | 2    | GYRO                           |               | 16             | 13 3/8           | 43.50          | 1240.00 | 1/100                 | 1.79                   | 1.53                   | 997.276               | Conda de Gyro por interferencia magnetica externa por pozos vecinos.  |
| 1    | 3    | MWD                            |               | 16             | 13 3/8           | 1240.00        | 3791.00 | 1/100                 | 24.90                  | 12.02                  | 997.503               | En caso de tener interferencia por el BHA, se evaluara la incertidumbre y se consultara con el cliente si requieren el servicio de correccion |
| 1    | 4    | MWD                            |               | 12 1/4         | 9 5/8            | 3791.00        | 6511.00 | 1/100                 | 53.95                  | 24.42                  | 997.534               | En caso de tener interferencia por el BHA, se evaluara la incertidumbre y se consultara con el cliente si requieren el servicio de correccion |
| 1    | 5    | MWD                            |               | 8 1/2          | 7                | 6511.00        | 7321.00 | 1/100                 | 58.37                  | 26.01                  | 997.714               | En caso de tener interferencia por el BHA, se evaluara la incertidumbre y se consultara con el cliente si requieren el servicio de correccion |

Fuente: Programa de Perforación Direccional del Pozo 2

### 5.4.1.4. Perforación de la Sección de 16”

#### Comentarios Generales:

El BHA #1 Convencional Pendular con broca tricónica perfora manteniendo la verticalidad hasta la profundidad de 412 ft, sacando posteriormente para bajar BHA Direccional con motor de fondo y herramienta MWD.

Se arma BHA #2 y baja proyectando el “*high side*” del motor hasta el fondo a 412 ft y perfora verticalmente hasta 487 ft. Se orienta con “*Gyro*” e inicia la construcción de la curva levantando hasta ~5.0° de inclinación y ~156° de dirección a 787 ft. Posteriormente, se perfora girando y construyendo hasta fin de la curva a 2,282 ft alcanzando ~24° y 186° de inclinación y dirección respectivamente. La sección tangente se perfora manteniendo la inclinación sin problemas hasta TD de la sección a 3,808 ft. Se desliza en dos intervalos con el fin de poner al pozo aproximadamente 1° encima del plan, proyectándose caída de inclinación en Orteguaza en la sección de 12 1/4”.

En cuanto a las corridas de “*Gyro*”, se toma el registro a 487 ft con el fin de orientar el motor hacia la salida de la curva. A 762 ft se toma otro registro de “*gyro*” para verificar el rumbo, y

a 1,434 ft para limpiar el intervalo afectado por interferencia magnética. Cabe indicar que los “surveys” del MWD salen con interferencia magnética constante afectando el “Dip Angle” (DIP). Se atribuye esta interferencia al BHA debido a la lejanía existente con el Pozo 1.

Cabe señalar que el caudal se aumenta gradualmente hasta 1,100 gpm a 1,063 ft de acuerdo al programa de perforación. Sin embargo, a 1,314 ft se tiene 3,800-3,850 psi en fondo el cual es muy por encima de lo esperado. Según la corrida de hidráulica, se espera 3,900 psi a profundidad de “casing” a 3,791 ft. Se revisan las bombas y sistema de superficie sin encontrar anomalías por lo que se asume taponamiento de algún jet de la broca. El caudal se baja a 1,050 gpm con el fin de no exceder el máximo permitido por el taladro de 3,700 psi. Este caudal se mantiene hasta 2,103 ft donde se alcanza 3,600 psi por lo que nuevamente se baja a 1,000 gpm y se mantiene este caudal hasta TD del pozo a 3,808 ft.

A 2,541 ft se realiza circulación intermedia y no viaje corto.

Se deja el pozo con  $\sim 25.3^\circ$  de inclinación ( $1^\circ$  más que el plan) al fin de la sección y con  $\sim 3$  ft arriba del plan en TVD ya que en la sección de 12 1/4" se espera perder inclinación naturalmente en las lutitas de Orteguaza.

Se realiza viaje de acondicionamiento con el mismo BHA Direccional hasta superficie, con circulación en puntos apretados. Se revisa la broca sin encontrar jets tapados, y se limpia los estabilizadores y broca, y regresa a fondo repasando puntos apretados. Se bombea píldoras y circula hasta retorno limpio en zarandas. Se saca BHA a superficie sin mayores problemas.

### **Resultados del BHA:**

- Con 26/28 ft deslizado en promedio por stand se obtiene  $\sim 1.4^\circ$ - $1.8^\circ$ /100 ft promedio de DLS.
- El BHA en modo rotación muestra mayormente tendencia a mantener inclinación, sin embargo, en tramos donde se observa tendencia a tumbar es muy suave a  $-0.1^\circ$ /100ft.
- El BHA en modo rotación muestra tendencia a girar a la derecha a razón de  $0.10^\circ$ - $0.15^\circ$ /100 ft.

### **Recomendaciones:**

Para mejorar el ROP se recomienda usar Motores de mayor torque de salida o con elastómeros que soporten mayor presión diferencial y por ende mayor peso en la broca lo que se traduce en mayor ROP.

La configuración de este BHA, para este perfil de pozo, es bastante buena. Se recomienda mantener una separación entre las aletas de los estabilizadores, tanto de la camisa del motor

como el estabilizador *string*, de aproximadamente 43 ft ya que esta ha demostrado mantener inclinación de  $\sim 24^\circ$  en la tangente.

En vista de la tendencia a tumbar inclinación en las lutitas de Orteguzza en la sección de 12 1/4", se recomienda dejar el pozo posicionado en  $\sim 3-4$  ft arriba del plan en TVD y  $\sim 1^\circ$  más que el plan con el fin de perforar en modo rotación la mayor parte de la sección y minimizar los trabajos de *slide*.

| Nombre de Pozo                     |                                     | Pozo 2          |                     | BHA #                                    |                           | 2  |            | Profundidad de Entrada |                     | 412              |  |
|------------------------------------|-------------------------------------|-----------------|---------------------|--|---------------------------|--|------------|------------------------|---------------------|------------------|--|
| Sección (pulg)                     |                                     | 16              |                     |  |                           |  |            | Profundidad de Salida  |                     | 3808             |  |
| #                                  | Descripción                         | OD (pulg)       | ID (pulg)           | Max OD (pulg)                            | Conexión                  | Cuello de Pesca                          |            | Longitud (ft)          | Longitud acum. (ft) | Peso acum. (Klb) |  |
|                                    |                                     |                 |                     |  |                           | OD (pulg)                                | Long. (ft) |                        |                     |                  |  |
| 1                                  | Broca PDC de 16"                    | 9               | 3 3/4               | 16                                       | 7 5/8 Reg P               |  |            | 1.40                   | 1.40                | 0.5              |  |
| 2                                  | Motor 5.6 4.0 con camisa de 15-3/4" | 9 5/8           | 7 22/25             | 15 3/4                                   | 7 5/8 Reg B x 6 5/8 Reg B | 9 5/8                                    | 4.02       | 32.92                  | 34.32               | 7.1              |  |
| 3                                  | Monel Corto                         | 8 1/4           | 2 7/8               |  | 6 5/8 Reg P x 6 5/8 Reg B |  |            | 10.56                  | 44.88               | 8.8              |  |
| 4                                  | Estabilizador 15 3/4"               | 8 3/8           | 3 3/16              | 15 3/4                                   | 6 5/8 Reg P x 6 5/8 Reg B | 7 15/16                                  | 1.92       | 5.19                   | 50.07               | 9.7              |  |
| 5                                  | Monel Corto                         | 8 1/4           | 2 29/32             |  | 6 5/8 Reg P x 6 5/8 Reg B |  |            | 6.26                   | 56.33               | 10.6             |  |
| 6                                  | MWD                                 | 8 1/4           | 5 9/10              |  | 6 5/8 Reg P x 6 5/8 Reg B | 8 3/32                                   | 1.48       | 28.14                  | 84.47               | 14.2             |  |
| 7                                  | UBHO                                | 7 7/8           | 2 13/16             |  | 6 5/8 Reg P x 6 5/8 Reg B |  |            | 2.61                   | 87.08               | 14.5             |  |
| 8                                  | Monel                               | 7 21/32         | 2 7/8               |  | 6 5/8 Reg P x 6 5/8 Reg B |  |            | 28.54                  | 115.62              | 18.4             |  |
| 9                                  | 2 x 8" Drill Collar                 | 8               | 3                   |  | 6 5/8 Reg P x 6 5/8 Reg B |  |            | 60.40                  | 176.02              | 27.2             |  |
| 10                                 | Crossover                           | 8               | 2 13/16             |  | 6 5/8 Reg P x 4 1/2 IF B  |  |            | 3.58                   | 179.60              | 27.7             |  |
| 11                                 | 30 x 5" HWDP                        | 5               | 3                   | 6 1/2                                    | 4 1/2 IF P x 4 1/2 IF B   |  |            | 920.38                 | 1099.98             | 74.1             |  |
| 12                                 | Martillo Hidráulico                 | 6 1/2           | 2 7/8               |  | 4 1/2 IF P x 4 1/2 IF B   | 6 1/2                                    | 0.90       | 31.02                  | 1131.00             | 76.3             |  |
| 13                                 | 9 x 5" HWDP                         | 5               | 3                   | 6 1/2                                    | 4 1/2 IF P x 4 1/2 IF B   |  |            | 275.27                 | 1406.27             | 90.1             |  |
| 14                                 | Crossover                           | 5               | 2 7/8               |  | 4 1/2 IF P x 5 1/2 XT B   |  |            | 3.29                   | 1409.56             | 90.3             |  |
| <b>Datos de Estabilizador</b>      |                                     |                 |                     | <b>Broca</b>                             |                           |  |            | Longitud total (ft)    |                     | 1409.56          |  |
| Distancia de aleta a la Broca (ft) |                                     | OD aleta (pulg) | Longitud aleta (ft) | Cantidad                                 | ID (1/32)                 | Peso Total en Aire (Klb)                 |            | 90.3                   |                     |                  |  |
| 3.820                              |                                     | 15 3/4          | 1.00                | 5  | 13                        | Peso Total Sumergido (Klb)               |            | 76.7                   |                     |                  |  |
| 46.710                             |                                     | 15 3/4          | 2.83                | 2  | 14                        | Peso Sumergido debajo del Martillo (Klb) |            | 63.2                   |                     |                  |  |
|                                    |                                     |                 |                     | TFA (pulg <sup>2</sup> )                 | 0.949                     | Peso en Aire debajo del Martillo (Klb)   |            | 74.1                   |                     |                  |  |
| <b>Motor</b>                       |                                     |                 |                     | <b>Propiedades de Lodo</b>               |                           |  |            |                        |                     |                  |  |
| Angulo del Bend (deg)              |                                     | 1.5             |                     |  |                           | Peso de Lodo (lb/gal)                    |            | 10.4                   |                     |                  |  |
| Bend a la broca (ft)               |                                     | 8.89            |                     | <b>Distancia Sensor de la Broca (ft)</b> |                           | Tipo de Lodo                             |            | Base Agua              |                     |                  |  |
| Salida del Motor (rev/gal)         |                                     | 0.11            |                     | D+I                                      |                           | 70.2                                     |            | PV (cP)                |                     | 6                |  |
|                                    |                                     |                 |                     |  |                           | YP (lb/100ft <sup>2</sup> )              |            | 9                      |                     |                  |  |

**Figura 5 - 4: BHA Direccional de la Sección de 16"**

Fuente: Reporte Direccional Final del Pozo 2



| Nombre de Pozo       |            | Pozo 2              |         | Sección (pulg) |            | 16       |             | BHA #   |               | 2          |           | Resumen               |       |         |         |       |           |      |
|----------------------|------------|---------------------|---------|----------------|------------|----------|-------------|---------|---------------|------------|-----------|-----------------------|-------|---------|---------|-------|-----------|------|
| Información de Broca |            | Evaluación de Broca |         |                |            |          |             |         |               |            |           | Resumen               |       |         |         |       |           |      |
| Jets (1/32)          | 5x13, 2x14 | In Row              | Out Row | Dull Char      | Location   | Bearings | Gauge       | Other   | Reason Pulled | Drill Mode | Intervalo | Hrs                   | ROP   | % Perf. |         |       |           |      |
| TFA (pulg2)          | 0.949      | Entrada             |         |                |            |          |             |         |               | Deslizando | 529       | 3.00                  | 176.3 | 16%     |         |       |           |      |
| IADC                 | S123       | Salida              | 0       | 1              | WT         | S        | X           | I       | BT            | Perforando | 3396      | 15.06                 | 225.5 | 100%    |         |       |           |      |
| Intervalo (ft)       | Curso      | Tiempo              | ROP     | Modo           | Tooface    | WOB      | Torque      | Caudal  | SPP Off       | SPP On     | Diff      | Peso de Lodo (lb/gal) | RPM   | Svy MD  | Incl    | Azth  | DLS       |      |
| Desde                | Hasta      | ft                  | (h)     | ft/h           | deg        | 1000 lbf | 1000 ft.lbf | gal/min | psi           | psi        | psi       | (lb/gal)              |       | ft      | deg     | deg   | deg/100ft |      |
| 412                  | 487        | 75                  | 0.48    | 156.25         | Rotando    |          | 8           | 4       | 500           | 470        | 620       | 150                   | 8.8   | 50      |         |       |           |      |
| 487                  | 517        | 30                  | 0.27    | 111.11         | Deslizando | 150      | 10          |         | 550           | 620        | 740       | 120                   | 8.8   |         | 500.00  | 0.78  | 221.24    | 1.05 |
| 517                  | 576        | 59                  | 0.35    | 168.57         | Rotando    |          | 11          | 4       | 600           | 750        | 900       | 150                   | 8.8   | 60      |         |       |           |      |
| 576                  | 611        | 35                  | 0.25    | 140.00         | Deslizando | 150      | 12          |         | 600           | 850        | 1030      | 180                   | 8.8   |         | 600.00  | 2.22  | 171.67    | 1.81 |
| 611                  | 671        | 60                  | 0.27    | 222.22         | Rotando    |          | 16          | 5       | 690           | 1210       | 1360      | 150                   | 8.8   | 60      | 668.00  | 3.37  | 166.69    | 1.73 |
| 671                  | 696        | 25                  | 0.15    | 166.67         | Deslizando | 150      | 12          |         | 750           | 1420       | 1620      | 100                   | 8.9   |         |         |       |           |      |
| 696                  | 762        | 66                  | 0.22    | 300.00         | Rotando    |          | 19          | 7       | 780           | 1530       | 1800      | 270                   | 8.9   | 60      | 750.00  | 4.36  | 162.02    | 1.27 |
| 762                  | 787        | 25                  | 0.15    | 166.67         | Deslizando | -30      | 11          |         | 800           | 1730       | 1880      | 150                   | 8.9   |         |         |       |           |      |
| 787                  | 853        | 66                  | 0.22    | 300.00         | Rotando    |          | 18          | 8       | 850           | 1930       | 2170      | 240                   | 8.9   | 60      | 850.00  | 5.52  | 161.77    | 1.16 |
| 853                  | 878        | 25                  | 0.13    | 192.31         | Deslizando | 60       | 11          |         | 900           | 2220       | 2340      | 120                   | 8.9   |         |         |       |           |      |
| 878                  | 946        | 68                  | 0.20    | 340.00         | Rotando    |          | 19          | 8       | 900           | 2250       | 2460      | 210                   | 8.9   | 60      |         |       |           |      |
| 946                  | 973        | 27                  | 0.17    | 158.82         | Deslizando | 50       | 12          |         | 1000          | 2820       | 2950      | 130                   | 8.9   |         | 950.00  | 6.77  | 166.99    | 1.37 |
| 973                  | 1038       | 65                  | 0.25    | 260.00         | Rotando    |          | 20          | 8       | 1000          | 2750       | 3050      | 300                   | 8.9   | 60      |         |       |           |      |
| 1038                 | 1063       | 25                  | 0.12    | 208.33         | Deslizando | 30       | 14          |         | 1000          | 2900       | 3050      | 150                   | 8.9   |         | 1050.00 | 7.92  | 173.75    | 1.44 |
| 1063                 | 1132       | 69                  | 0.20    | 345.00         | Rotando    |          | 18          | 10      | 1100          | 3400       | 3650      | 250                   | 8.9   | 60      |         |       |           |      |
| 1132                 | 1159       | 27                  | 0.07    | 385.71         | Rotando    |          | 22          | 10      | 1100          | 3400       | 3700      | 300                   | 8.9   | 60      | 1150.00 | 9.00  | 177.25    | 1.20 |
| 1159                 | 1186       | 27                  | 0.13    | 207.69         | Deslizando | 30       | 15          |         | 1100          | 3550       | 3700      | 150                   | 8.9   |         |         |       |           |      |
| 1186                 | 1203       | 17                  | 0.05    | 340.00         | Rotando    |          | 24          | 11      | 1100          | 3550       | 3850      | 300                   | 9.4   | 40      |         |       |           |      |
| 1203                 | 1251       | 48                  | 0.12    | 400.00         | Rotando    |          | 25          | 11      | 1100          | 3550       | 3850      | 300                   | 9.4   | 60      | 1250.00 | 10.17 | 179.87    | 1.25 |
| 1251                 | 1271       | 20                  | 0.08    | 250.00         | Deslizando | -30      | 14          |         | 1100          | 3500       | 3650      | 150                   | 9.4   |         |         |       |           |      |
| 1271                 | 1287       | 16                  | 0.05    | 320.00         | Rotando    |          | 20          | 11      | 1100          | 3500       | 3800      | 300                   | 9.4   | 40      |         |       |           |      |
| 1287                 | 1314       | 27                  | 0.07    | 385.71         | Rotando    |          | 20          | 11      | 1100          | 3500       | 3800      | 300                   | 9.4   | 60      |         |       |           |      |
| 1314                 | 1343       | 29                  | 0.07    | 414.29         | Rotando    |          | 24          | 11      | 1050          | 3200       | 3500      | 300                   | 9.4   | 60      | 1342.00 | 11.05 | 177.96    | 1.03 |
| 1343                 | 1365       | 22                  | 0.10    | 220.00         | Deslizando | -20      | 20          |         | 1050          | 3350       | 3500      | 150                   | 9.4   |         |         |       |           |      |
| 1365                 | 1383       | 18                  | 0.05    | 360.00         | Rotando    |          | 23          | 11      | 1050          | 3400       | 3700      | 300                   | 9.4   | 40      |         |       |           |      |
| 1383                 | 1434       | 51                  | 0.13    | 392.31         | Rotando    |          | 24          | 11      | 1050          | 3400       | 3700      | 300                   | 9.4   | 60      | 1428.95 | 12.49 | 176.75    | 1.68 |
| 1434                 | 1450       | 16                  | 0.07    | 228.57         | Deslizando | 10       | 15          |         | 1050          | 3250       | 3480      | 230                   | 9.4   |         |         |       |           |      |
| 1450                 | 1478       | 28                  | 0.08    | 350.00         | Rotando    |          | 20          | 11      | 1050          | 3250       | 3550      | 300                   | 9.4   | 40      |         |       |           |      |
| 1478                 | 1502       | 24                  | 0.07    | 342.86         | Rotando    |          | 20          | 11      | 1050          | 3250       | 3550      | 300                   | 9.4   | 60      |         |       |           |      |
| 1502                 | 1520       | 18                  | 0.08    | 225.00         | Deslizando | 30       | 15          |         | 1050          | 3250       | 3450      | 200                   | 9.4   |         |         |       |           |      |
| 1520                 | 1536       | 16                  | 0.05    | 320.00         | Rotando    |          | 23          | 12      | 1050          | 3250       | 3550      | 300                   | 9.4   | 40      | 1523.33 | 13.72 | 180.26    | 1.55 |
| 1536                 | 1596       | 60                  | 0.17    | 352.94         | Rotando    |          | 23          | 12      | 1050          | 3250       | 3550      | 300                   | 9.4   | 60      |         |       |           |      |
| 1596                 | 1624       | 28                  | 0.12    | 233.33         | Deslizando | -10      | 15          |         | 1050          | 3250       | 3420      | 170                   | 9.3   |         | 1616.57 | 15.21 | 181.42    | 1.63 |
| 1624                 | 1645       | 21                  | 0.07    | 300.00         | Rotando    |          | 22          | 11      | 1050          | 3250       | 3550      | 300                   | 9.3   | 40      |         |       |           |      |
| 1645                 | 1690       | 45                  | 0.13    | 346.15         | Rotando    |          | 22          | 11      | 1050          | 3250       | 3550      | 300                   | 9.3   | 60      |         |       |           |      |
| 1690                 | 1718       | 28                  | 0.12    | 233.33         | Deslizando | -10      | 20          |         | 1050          | 3300       | 3500      | 200                   | 9.3   |         |         |       |           |      |
| 1718                 | 1736       | 18                  | 0.08    | 225.00         | Rotando    |          | 22          | 12      | 1050          | 3300       | 3620      | 320                   | 9.3   | 40      |         |       |           |      |
| 1736                 | 1786       | 50                  | 0.15    | 333.33         | Rotando    |          | 22          | 12      | 1050          | 3300       | 3620      | 320                   | 9.3   | 60      |         |       |           |      |
| 1786                 | 1814       | 28                  | 0.12    | 233.33         | Deslizando | 40       | 25          |         | 1050          | 3250       | 3450      | 200                   | 9.3   |         | 1807.06 | 18.68 | 184.61    | 2.11 |
| 1814                 | 1834       | 20                  | 0.07    | 285.71         | Rotando    |          | 22          | 11      | 1050          | 3250       | 3550      | 300                   | 9.3   | 40      |         |       |           |      |
| 1834                 | 1880       | 46                  | 0.15    | 306.67         | Rotando    |          | 22          | 11      | 1050          | 3250       | 3550      | 300                   | 9.4   | 60      |         |       |           |      |
| 1880                 | 1901       | 21                  | 0.08    | 262.50         | Deslizando | -20      | 16          |         | 1050          | 3300       | 3500      | 200                   | 9.4   |         |         |       |           |      |
| 1901                 | 1927       | 26                  | 0.08    | 325.00         | Rotando    |          | 22          | 11      | 1050          | 3300       | 3600      | 300                   | 9.4   | 40      | 1903.27 | 19.77 | 185.06    | 1.14 |
| 1927                 | 1975       | 48                  | 0.15    | 320.00         | Rotando    |          | 22          | 11      | 1050          | 3300       | 3600      | 300                   | 9.4   | 40      |         |       |           |      |
| 1975                 | 2001       | 26                  | 0.13    | 200.00         | Deslizando | -10      | 20          |         | 1050          | 3350       | 3600      | 250                   | 9.4   |         | 1997.27 | 20.78 | 185.37    | 1.08 |
| 2001                 | 2016       | 15                  | 0.05    | 300.00         | Rotando    |          | 22          | 12      | 1050          | 3350       | 3670      | 320                   | 9.4   | 40      |         |       |           |      |
| 2016                 | 2069       | 53                  | 0.17    | 311.76         | Rotating   |          | 16          | 9       | 1050          | 3350       | 3700      | 350                   | 9.4   | 60      |         |       |           |      |
| 2069                 | 2095       | 26                  | 0.13    | 200.00         | Deslizando | -20      | 20          |         | 1050          | 3320       | 3540      | 220                   | 9.4   |         | 2092.57 | 22.38 | 184.94    | 1.69 |
| 2095                 | 2103       | 8                   | 0.03    | 266.67         | Rotando    |          | 20          | 12      | 1050          | 3320       | 3600      | 280                   | 9.4   | 40      |         |       |           |      |
| 2103                 | 2114       | 11                  | 0.05    | 220.00         | Rotando    |          | 22          | 12      | 1000          | 3100       | 3400      | 300                   | 9.4   | 40      |         |       |           |      |
| 2114                 | 2165       | 51                  | 0.17    | 300.00         | Rotando    |          | 22          | 12      | 1000          | 3100       | 3400      | 300                   | 9.4   | 40      |         |       |           |      |
| 2165                 | 2188       | 23                  | 0.15    | 153.33         | Deslizando | 20       | 15          |         | 1000          | 3100       | 3280      | 180                   | 9.4   |         |         |       |           |      |
| 2188                 | 2207       | 19                  | 0.07    | 271.43         | Rotando    |          | 16          | 12      | 1000          | 3100       | 3400      | 300                   | 9.4   | 40      | 2188.64 | 22.96 | 184.90    | 0.60 |
| 2207                 | 2260       | 53                  | 0.22    | 240.91         | Rotando    |          | 18          | 12      | 1000          | 3100       | 3400      | 300                   | 9.4   | 60      |         |       |           |      |
| 2260                 | 2280       | 20                  | 0.15    | 133.33         | Deslizando | 10       | 15          |         | 1000          | 3080       | 3220      | 140                   | 9.4   |         |         |       |           |      |
| 2280                 | 2354       | 74                  | 0.28    | 264.29         | Rotando    |          | 21          | 12      | 1000          | 3100       | 3400      | 300                   | 9.5   | 60      | 2282.09 | 23.81 | 185.76    | 0.98 |
| 2354                 | 2447       | 93                  | 0.38    | 244.74         | Rotando    |          | 20          | 11      | 1000          | 3200       | 3500      | 300                   | 9.5   | 60      | 2375.52 | 24.18 | 185.75    | 0.40 |
| 2447                 | 2541       | 94                  | 0.30    | 313.33         | Rotando    |          | 20          | 11      | 1000          | 3200       | 3500      | 300                   | 9.8   | 60      | 2467.66 | 24.05 | 185.77    | 0.14 |
| 2541                 | 2634       | 93                  | 0.42    | 221.43         | Rotando    |          | 20          | 11      | 1050          | 3300       | 3600      | 300                   | 9.8   | 50      | 2562.51 | 24.05 | 185.75    | 0.01 |
| 2634                 | 2644       | 10                  | 0.03    | 333.33         | Rotando    |          | 20          | 11      | 1000          | 3150       | 3450      | 300                   | 9.8   | 50      |         |       |           |      |
| 2644                 | 2662       | 18                  | 0.15    | 120.00         | Deslizando | 0        | 14          |         | 1000          | 3020       | 3170      | 150                   | 9.8   |         | 2657.27 | 24.57 | 185.65    | 0.65 |
| 2662                 | 2729       | 67                  | 0.42    | 159.52         | Rotando    |          | 20          | 11      | 1000          | 3050       | 3350      | 300                   | 9.8   | 40      |         |       |           |      |
| 2729                 | 2824       | 95                  | 0.57    | 166.67         | Rotando    |          | 20          | 12      | 1000          | 3120       | 3400      | 280                   | 9.8   | 60      | 2750.51 | 25.06 | 185.84    | 0.53 |
| 2824                 | 2917       | 93                  | 0.48    | 193.75         | Rotando    |          | 21          | 12      | 1000          | 3100       | 3400      | 300                   | 9.9   | 60      | 2846.17 | 25.18 | 186.15    | 0.19 |
| 2917                 | 3011       | 94                  | 0.45    | 208.89         | Rotando    |          | 20          | 14      | 1000          | 3100       | 3400      | 300                   | 9.9   | 60      | 2940.74 | 25.08 | 185.92    | 0.15 |
| 3011                 | 3106       | 95                  | 0.47    | 202.13         | Rotando    |          | 22          | 12      | 1000          | 3100       | 3400      | 300                   | 10.1  | 60      | 3035.27 | 25.04 | 185.76    | 0.08 |
| 3106                 | 3200       | 94                  | 0.37    | 254.05         | Rotando    |          | 24          | 15      | 1000          | 3200       | 3500      | 300                   | 10.1  | 60      | 3128.09 | 24.89 | 186.03    | 0.20 |
| 3200                 | 3296       | 96                  | 0.40    | 240.00         | Rotando    |          | 22          | 15      | 1000          | 3200       | 3500      | 300                   | 10.1  | 50      | 3226.00 | 24.79 | 186.28    | 0.15 |
| 3296                 | 3391       | 95                  | 0.45    | 211.11         | Rotando    |          | 20          | 15      | 1000          | 3200       | 3500      | 300                   | 10.1  | 50      | 3320.07 | 24.80 | 186.76    | 0.21 |
| 3391                 | 3407       | 16                  | 0.08    | 200.00         | Rotando    |          | 20          | 15      | 1000          | 3250       | 3550      | 300                   | 10.1  | 50      |         |       |           |      |
| 3407                 | 3423       | 16                  | 0.15    | 106.67         | Deslizando | -10      | 14          |         | 1000          | 3200       | 3300      | 100                   | 10.1  |         | 3415.47 | 25.04 | 186.20    | 0.35 |
| 3423                 | 3487       | 64                  | 0.28    | 228.57         | Rotando    |          | 20          | 15      | 1000          | 3250       | 3550      | 300                   | 10.1  | 50      |         |       |           |      |
| 3487                 | 3583       | 96                  | 0.65    | 147.69         | Rotando    |          | 16          | 14      | 1000          | 3250       | 3550      | 300                   | 10.1  | 60      | 3510.53 | 25.31 | 186.16    | 0.28 |
| 3583                 | 3672       | 89                  | 0.55    | 161.82         | Rotando    |          | 16          | 14      | 1000          | 3200       | 3500      | 300                   | 10.3  | 60      | 3604.95 | 25.26 | 186.25    | 0.07 |
| 3672                 | 3771       | 99                  | 0.45    | 220.00         | Rotando    |          | 18          | 15      | 1000          | 3200       | 3500      | 300                   | 10.3  | 60      | 3733.06 | 25.35 | 186.65    | 0.39 |
| 3771                 | 3808       | 37                  | 0.22    | 168.18         | Rotando    |          | 18          | 15      | 1000          | 3200       | 3500      | 300                   | 10.3  | 60      |         |       |           |      |

Figura 5 - 5: Slide Sheet de la sección de 16"

Fuente: Reporte Direccional Final del Pozo 2

#### 5.4.1.5. Perforación de la Sección de 12 1/4"

##### Comentarios Generales:

En la corrida previa se deja el pozo con  $\sim 25.3^\circ$  de inclinación ( $1^\circ$  más que el plan) al fin de la sección y con  $\sim 3$  ft arriba del plan en TVD.

Se espera que el BHA tumbé inclinación naturalmente en las lutitas de Orteguaza.

Se inicia la corrida perforando con 850 gpm, 60 rpm. Se observa caer la inclinación a  $\sim 0.8^\circ/100\text{ft}$  por lo que a 3,991 ft, al estimar  $\sim 23^\circ$ , se desliza 25 ft hacia arriba e izquierda para frenar la tendencia y llevar a la inclinación del plan. Esta caída en inclinación ocurre en el intervalo de 100% lutita. Luego del "slide", la inclinación se recupera y adquiere tendencia a levantar hasta  $\sim 26^\circ$  a 4,060 ft por lo que se aplica desde 40 hasta 90 rpm con el fin de frenar tal tendencia. Se logra frenar tal tendencia subiendo apenas hasta  $\sim 26.2^\circ$ . Esta tendencia a levantar inclinación y mantener con 90 rpm ocurre, según el "Master Log", en el intervalo de Orteguaza donde el porcentaje de lutita baja de 80-90% hasta 30-40%. Al estar por encima del plan en  $\sim 2^\circ$ ,  $\sim 8$  ft arriba en TVD, 17 ft a la izquierda y  $\sim 2^\circ$  a la izquierda en "azimuth", a 4,490 ft se desliza 20 ft hacia abajo y derecha. Después de deslizar se logra tumbar inclinación, sin embargo, se observa que esta sigue cayendo a  $\sim 1.1^\circ/100\text{ft}$  por lo que se baja las rpm desde 90 hasta 40 observando la misma tendencia. Esta tendencia a tumbar inclinación se observa en el intervalo donde es 100% lutita. A 4,780 ft al proyectar tener  $\sim 22.5^\circ$  se desliza 15 ft hacia arriba con el fin de frenar la tendencia a tumbar y recuperar la inclinación. Se logra recuperar  $\sim 1^\circ$  hasta  $\sim 23.5^\circ$  a 4,830 ft y observa tendencia a ganar inclinación a  $0.4^\circ-0.5^\circ/100\text{ft}$  por lo que se incrementa a 80-90 rpm con el fin de frenar tal tendencia a  $0.2^\circ-0.3^\circ/100\text{ft}$ . Este intervalo donde gana inclinación corresponde a las arcillas de Tiyuyacu. A 5,370 ft, al tener  $\sim 25.4^\circ$  de inclinación, se desliza 20 ft hacia abajo e izquierda para llevar el pozo al plan. Se lleva la inclinación a  $\sim 24.2^\circ$ , pero se observa fuerte tendencia a levantar a  $\sim 0.8^\circ/100\text{ft}$  por lo que a 5,645 ft se desliza 25 ft hacia abajo e izquierda. Desde 5,670 ft se perfora hasta 6,502 ft donde se define TD de la sección. En este intervalo se desliza 17 ft hacia abajo y derecha con el fin de frenar tendencia a levantar. Se realiza viaje de calibración hasta el zapato sacando en gran parte con circulación. El retorno a fondo se realiza sin mayores inconvenientes. Ya en fondo, se bombea píldoras y circula hasta retorno limpio en zarandas. Se coloca píldora lubricante en el fondo y saca BHA a superficie para correr "casing".

**Resultados del BHA:**

- En el primer intervalo de las lutitas de Orteguzaza donde es 100% la tendencia es a perder inclinación a  $\sim 0.8^\circ/100$  ft.
- En el intervalo donde el porcentaje de lutitas varía de 80-90 a 30-40% la tendencia es ligeramente a subir a  $\sim 0.1^\circ/100$  ft con 80-90 rpm.
- En el segundo intervalo de las lutitas de Orteguzaza donde es 100% la tendencia es a perder inclinación a  $\sim 1.1^\circ/100$  ft.
- En Tiyuyacu la tendencia es a levantar inclinación a  $0.4^\circ-0.5^\circ/100$  ft con 40-60 rpm y  $0.2^\circ-0.3^\circ/100$  ft con 80-90 rpm.
- En Tena la tendencia es a levantar inclinación ligeramente a  $0.1^\circ/100$  ft con 90 rpm.
- En cuanto a giro la tendencia es a girar hacia la izquierda a  $\sim 0.2^\circ/100$  ft.

**Recomendaciones:**

Al analizar esta corrida, se encuentra aproximadamente 450 ft de 100% de lutitas en Orteguzaza,  $\sim 100$  ft al inicio y  $\sim 350$  ft al final antes de ingresar a Tiyuyacu. En las lutitas, la tendencia a tumbar inclinación cae entre  $0.8^\circ-1.1^\circ/100$ ft. En el intervalo de  $\sim 550$  ft en Orteguzaza donde hay presencia de carbón, limolita, arena y arcilla el comportamiento del BHA es a levantar ligeramente a  $\sim 0.1^\circ/100$  ft. Al salir de Orteguzaza hacia las arcillas de Tiyuyacu se observa tendencia a levantar inclinación entre  $0.2^\circ-0.5^\circ/100$  ft dependiendo de las rpm en un intervalo de  $\sim 1200$  ft. En  $\sim 450$  ft de Tena la tendencia a ganar es de  $\sim 0.1^\circ/100$  ft. Basado en este comportamiento el BHA usado en esta corrida es la más indicada. Se sugiere usar esta misma configuración de BHA, para un perfil de pozo similar en el *pad*, y rotar la mayor parte posible monitoreando las tendencias. Se espera que si la corrida empieza con  $25^\circ$  entonces al final de la misma este será de  $25^\circ$  también. Otra configuración podría ser camisa de motor de 12", estabilizador de 12" y un pony de 7-8 ft como separador entre los 2 estabilizadores, y monitorear su comportamiento.



| Nombre de Pozo                     |                                 | Pozo 2          |                     |  | BHA #                     | 3               |  | Profundidad de Entrada |                     | 3808             |  |
|------------------------------------|---------------------------------|-----------------|---------------------|--|---------------------------|-----------------|--|------------------------|---------------------|------------------|--|
| Sección (pulg)                     |                                 | 12 1/4          |                     |  | Profundidad de Salida     |                 |  |                        | 6502                |                  |  |
| #                                  | Descripción                     | OD (pulg)       | ID (pulg)           | Max OD (pulg)                            | Conexión                  | Cuello de Pesca |  | Longitud (ft)          | Longitud acum. (ft) | Peso acum. (Klb) |  |
|                                    |                                 |                 |                     |  |                           | OD (pulg)       | Long. (ft)                               |                        |                     |                  |  |
| 1                                  | Broca PDC de 12 1/4"            | 8               | 3 1/4               | 12 1/4                                   | 6 5/8 Reg P               |                 |  | 0.93                   | 0.93                | 0.2              |  |
| 2                                  | Motor 7.8 4.0 con camisa de 12" | 8 1/4           | 6 1/4               | 12                                       | 6 5/8 Reg B x 6 5/8 Reg B | 8 1/4           | 3.75                                     | 29.66                  | 30.59               | 4.6              |  |
| 3                                  | Float Sub                       | 8 1/8           | 2 7/8               |  | 6 5/8 Reg P x 6 5/8 Reg B |                 |  | 2.18                   | 32.77               | 4.9              |  |
| 4                                  | Estabilizador 11 3/4"           | 8 9/32          | 2 29/32             | 11 3/4                                   | 6 5/8 Reg P x 6 5/8 Reg B | 8 9/32          | 3.06                                     | 6.91                   | 39.68               | 6.2              |  |
| 5                                  | Monel Corto                     | 8 1/4           | 2 7/8               |  | 6 5/8 Reg P x 6 5/8 Reg B |                 |  | 10.56                  | 50.24               | 7.9              |  |
| 6                                  | MWD                             | 8 1/4           | 5 9/10              |  | 6 5/8 Reg P x 6 5/8 Reg B | 8 3/32          | 1.48                                     | 28.14                  | 78.38               | 11.4             |  |
| 7                                  | Monel                           | 7 61/93         | 2 7/8               |  | 6 5/8 Reg P x 6 5/8 Reg B |                 |  | 28.54                  | 106.92              | 15.2             |  |
| 8                                  | Crossover                       | 8               | 2 13/16             |  | 6 5/8 Reg P x 4 1/2 IF B  |                 |  | 3.58                   | 110.50              | 15.7             |  |
| 9                                  | 32 x 5" HWDP                    | 5               | 3                   | 6 1/2                                    | 4 1/2 IF P x 4 1/2 IF B   |                 |  | 980.53                 | 1091.03             | 65.1             |  |
| 10                                 | Martillo Hidráulico             | 6 1/2           | 2 7/8               |  | 4 1/2 IF P x 4 1/2 IF B   | 6 1/2           | 0.90                                     | 31.02                  | 1122.05             | 67.3             |  |
| 11                                 | 4 x 5" HWDP                     | 5               | 3                   | 6 1/2                                    | 4 1/2 IF P x 4 1/2 IF B   |                 |  | 123.16                 | 1245.21             | 73.5             |  |
| 12                                 | Crossover                       | 5               | 2 7/8               |  | 4 1/2 IF P x 5 1/2 XT B   |                 |  | 3.29                   | 1248.50             | 73.7             |  |
| <b>Datos de Estabilizador</b>      |                                 |                 |                     |  | <b>Broca</b>              |                 | Longitud total (ft)                      |                        | 1248.50             |                  |  |
| Distancia de aleta a la Broca (ft) |                                 | OD aleta (pulg) | Longitud aleta (ft) | Cantidad                                 | ID (1/32)                 |                 | Peso Total en Aire (Klb)                 |                        | 73.7                |                  |  |
| 3.060                              |                                 | 12              | 1.50                | 5  | 13                        |                 | Peso Total Sumergido (Klb)               |                        | 62.4                |                  |  |
| 35.520                             |                                 | 11 3/4          | 2.08                | 3  | 12                        |                 | Peso Sumergido debajo del Martillo (Klb) |                        | 55.3                |                  |  |
| <b>Motor</b>                       |                                 |                 |                     | TFA (pulg <sup>2</sup> )                 | 0.979                     |                 | <b>Propiedades de Lodo</b>               |                        |                     |                  |  |
| Angulo del Bend (deg)              |                                 | 1.5             |                     |  |                           |                 | Peso de Lodo (lb/gal)                    |                        | 10.4                |                  |  |
| Bend a la broca (ft)               |                                 | 7.72            |                     | <b>Distancia Sensor de la Broca (ft)</b> |                           | Tipo de Lodo    |  | Base Agua              |                     |                  |  |
| Salida del Motor (rev/gal)         |                                 | 0.16            |                     |  |                           | PV (cP)         |  | 11                     |                     |                  |  |
|                                    |                                 |                 |                     | D+I                                      | 64.11                     |                 | YP (lbf/100ft <sup>2</sup> )             |                        | 20                  |                  |  |

Figura 5 - 6: BHA Direccional de la Sección de 12 1/4"

Fuente: Reporte Direccional Final del Pozo 2

| Nombre de Pozo           |            | Pozo 2              |         |           | Sección (pulg) | 12 1/4   |             | BHA #   | 3             |            | Resumen    |                       |       |        |         |       |           |      |
|--------------------------|------------|---------------------|---------|-----------|----------------|----------|-------------|---------|---------------|------------|------------|-----------------------|-------|--------|---------|-------|-----------|------|
| Información de Broca     |            | Evaluación de Broca |         |           |                |          |             |         |               |            | Drill Mode | Intervalo             | Hrs   | ROP    | % Perf. |       |           |      |
| Jets (1/32)              | 5x13, 3x12 | In Row              | Out Row | Dull Char | Location       | Bearings | Gauge       | Other   | Reason Pulled | Rotando    | 2572       | 18.64                 | 138.0 | 95%    |         |       |           |      |
| TFA (pulg <sup>2</sup> ) | 0.979      | Entrada             |         |           |                |          |             |         |               | Deslizando | 122        | 2.66                  | 45.9  | 5%     |         |       |           |      |
| IADC                     | M323       | Salida              | 1       | 2         | WT             | G        | X           | I       | BT            | Perforando | 2694       | 21.30                 | 126.5 | 100%   |         |       |           |      |
| Intervalo (ft)           | Curso      | Tiempo              | ROP     | Modo      | Toolface       | WOB      | Torque      | Caudal  | SPP Off       | SPP On     | Diff       | Peso de Lodo (lb/gal) | RPM   | Svy MD | Incl    | Aznth | DLS       |      |
| Desde                    | Hasta      | ft                  | (h)     | ft/h      | deg            | 1000 lbf | 1000 ft.lbf | gal/min | psi           | psi        | psi        |                       |       | ft     | deg     | deg   | deg/100ft |      |
| 3808                     | 3818       | 10                  | 0.12    | 83.33     | Rotando        |          | 10          | 11      | 610           | 1300       | 1480       | 180                   | 10.6  | 40     |         |       |           |      |
| 3818                     | 3842       | 24                  | 0.10    | 240.00    | Rotando        |          | 13          | 12      | 850           | 1330       | 1630       | 300                   | 9.5   | 60     | 3830.37 | 24.50 | 186.59    | 0.87 |
| 3842                     | 3867       | 25                  | 0.15    | 166.67    | Rotando        |          | 13          | 12      | 800           | 1070       | 1370       | 300                   | 9.5   | 60     |         |       |           |      |
| 3867                     | 3897       | 30                  | 0.15    | 200.00    | Rotando        |          | 12          | 12      | 700           | 960        | 1270       | 310                   | 9.5   | 60     |         |       |           |      |
| 3897                     | 3991       | 94                  | 0.62    | 151.61    | Rotando        |          | 13          | 13      | 750           | 1000       | 1300       | 300                   | 9.5   | 60     | 3924.67 | 23.99 | 186.99    | 0.57 |
| 3991                     | 4016       | 25                  | 0.23    | 108.70    | Deslizando     | -30      | 10          |         | 850           | 1300       | 1400       | 100                   | 9.5   |        |         |       |           |      |
| 4016                     | 4086       | 70                  | 0.32    | 218.75    | Rotando        |          | 16          | 13      | 850           | 1380       | 1680       | 300                   | 9.5   | 40     | 4020.53 | 25.51 | 184.63    | 1.89 |
| 4086                     | 4119       | 33                  | 0.17    | 194.12    | Rotando        |          | 16          | 13      | 850           | 1360       | 1660       | 300                   | 9.5   | 50     | 4118.26 | 26.16 | 184.17    | 0.70 |
| 4119                     | 4183       | 64                  | 0.28    | 228.57    | Rotando        |          | 18          | 13      | 850           | 1360       | 1680       | 300                   | 9.5   | 60     |         |       |           |      |
| 4183                     | 4279       | 96                  | 0.33    | 290.91    | Rotando        |          | 18          | 13      | 850           | 1550       | 1850       | 300                   | 9.5   | 60     | 4213.16 | 26.30 | 183.76    | 0.24 |
| 4279                     | 4373       | 94                  | 0.32    | 293.75    | Rotando        |          | 18          | 15      | 850           | 1600       | 1850       | 250                   | 9.5   | 80     | 4307.69 | 26.56 | 184.02    | 0.30 |
| 4373                     | 4390       | 17                  | 0.08    | 212.50    | Rotando        |          | 16          | 13      | 850           | 1700       | 2000       | 300                   | 9.5   | 90     |         |       |           |      |
| 4390                     | 4469       | 79                  | 0.38    | 207.89    | Rotando        |          | 16          | 13      | 850           | 1700       | 2000       | 300                   | 9.5   | 90     | 4403.90 | 26.20 | 183.93    | 0.38 |
| 4469                     | 4490       | 21                  | 0.08    | 262.50    | Rotando        |          | 16          | 13      | 850           | 1700       | 2000       | 300                   | 9.5   | 90     |         |       |           |      |
| 4490                     | 4510       | 20                  | 0.20    | 100.00    | Deslizando     | 120      | 11          |         | 850           | 1700       | 1850       | 150                   | 9.5   |        | 4498.54 | 25.26 | 186.22    | 1.45 |
| 4510                     | 4525       | 15                  | 0.07    | 214.29    | Rotando        |          | 18          | 13      | 850           | 1750       | 2050       | 300                   | 9.6   | 40     |         |       |           |      |
| 4525                     | 4564       | 39                  | 0.12    | 325.00    | Rotando        |          | 16          | 13      | 850           | 1750       | 2050       | 300                   | 9.6   | 90     |         |       |           |      |
| 4564                     | 4659       | 95                  | 0.35    | 271.43    | Rotando        |          | 16          | 14      | 850           | 1600       | 1900       | 300                   | 9.5   | 50     | 4593.79 | 24.16 | 187.90    | 1.37 |
| 4659                     | 4753       | 94                  | 0.42    | 223.81    | Rotando        |          | 15          | 13      | 850           | 1600       | 1900       | 300                   | 9.6   | 40     | 4686.00 | 23.27 | 187.02    | 1.04 |
| 4753                     | 4780       | 27                  | 0.17    | 158.82    | Rotando        |          | 17          | 14      | 850           | 1600       | 1900       | 300                   | 9.6   | 40     |         |       |           |      |
| 4780                     | 4795       | 15                  | 0.53    | 28.30     | Deslizando     | 30       | 6           |         | 900           | 1730       | 1830       | 100                   | 9.7   |        | 4781.63 | 22.90 | 186.96    | 0.39 |
| 4795                     | 4849       | 54                  | 0.37    | 145.95    | Rotando        |          | 16          | 15      | 900           | 1700       | 2000       | 300                   | 9.7   | 40     |         |       |           |      |
| 4849                     | 4918       | 69                  | 0.48    | 143.75    | Rotando        |          | 16          | 14      | 900           | 1700       | 2000       | 300                   | 9.7   | 50     | 4879.13 | 23.82 | 187.82    | 1.01 |
| 4918                     | 4945       | 27                  | 0.17    | 158.82    | Rotando        |          | 18          | 13      | 900           | 1700       | 2000       | 300                   | 9.7   | 80     |         |       |           |      |
| 4945                     | 5040       | 95                  | 0.70    | 135.71    | Rotando        |          | 18          | 14      | 900           | 1750       | 2050       | 300                   | 9.8   | 80     | 4973.59 | 24.43 | 187.50    | 0.66 |
| 5040                     | 5136       | 96                  | 0.70    | 137.14    | Rotando        |          | 20          | 15      | 900           | 1750       | 2050       | 300                   | 9.8   | 90     | 5069.25 | 24.58 | 187.89    | 0.23 |
| 5136                     | 5229       | 93                  | 0.77    | 120.78    | Rotando        |          | 20          | 15      | 900           | 1800       | 2100       | 300                   | 9.8   | 90     | 5163.56 | 24.86 | 187.36    | 0.38 |
| 5229                     | 5278       | 49                  | 0.38    | 128.95    | Rotando        |          | 20          | 14      | 900           | 1950       | 2250       | 300                   | 9.8   | 90     | 5257.24 | 25.03 | 186.92    | 0.27 |
| 5278                     | 5302       | 24                  | 0.23    | 104.35    | Rotando        |          | 20          | 14      | 900           | 1850       | 2150       | 300                   | 9.8   | 90     |         |       |           |      |
| 5302                     | 5324       | 22                  | 0.22    | 100.00    | Rotando        |          | 20          | 14      | 900           | 1860       | 2160       | 300                   | 9.8   | 90     |         |       |           |      |
| 5324                     | 5370       | 46                  | 0.35    | 131.43    | Rotando        |          | 22          | 14      | 900           | 2100       | 2400       | 300                   | 9.8   | 90     | 5353.15 | 25.21 | 186.80    | 0.20 |
| 5370                     | 5390       | 20                  | 0.62    | 32.26     | Deslizando     | -150     | 10          |         | 900           | 1980       | 2180       | 200                   | 9.9   |        |         |       |           |      |
| 5390                     | 5419       | 29                  | 0.30    | 96.67     | Rotando        |          | 20          | 14      | 900           | 2200       | 2500       | 300                   | 9.9   | 40     |         |       |           |      |
| 5419                     | 5516       | 97                  | 0.78    | 124.36    | Rotando        |          | 22          | 14      | 900           | 2300       | 2600       | 300                   | 9.9   | 80     | 5449.52 | 24.37 | 187.09    | 0.88 |
| 5516                     | 5611       | 95                  | 0.90    | 105.56    | Rotando        |          | 20          | 13      | 900           | 2300       | 2600       | 300                   | 9.9   | 80     | 5545.61 | 24.66 | 186.60    | 0.37 |

| Intervalo (ft) |       | Curso | Tiempo | ROP    | Modo       | Tooface | WOB      | Torque      | Caudal  | SPP Off | SPP On | Diff | Peso de Lodo (lb/gal) | RPM | Svy MD  | Incl  | Azmth  | DLS       |
|----------------|-------|-------|--------|--------|------------|---------|----------|-------------|---------|---------|--------|------|-----------------------|-----|---------|-------|--------|-----------|
| Desde          | Hasta | ft    | (h)    | ft/h   |            | deg     | 1000 lbf | 1000 ft.lbf | gal/min | psi     | psi    | psi  |                       |     | ft      | deg   | deg    | deg/100ft |
| 5611           | 5645  | 34    | 0.27   | 125.93 | Rotando    |         | 23       | 14          | 900     | 2400    | 2700   | 300  | 9.9                   | 80  | 5640.68 | 24.62 | 185.66 | 0.41      |
| 5645           | 5670  | 25    | 0.53   | 47.17  | Deslizando | -140    | 14       |             | 900     | 2440    | 2690   | 250  | 9.9                   |     |         |       |        |           |
| 5670           | 5686  | 16    | 0.15   | 106.67 | Rotando    |         | 20       | 14          | 900     | 2450    | 2750   | 300  | 10.0                  | 40  |         |       |        |           |
| 5686           | 5707  | 21    | 0.18   | 116.67 | Rotando    |         | 22       | 14          | 900     | 2450    | 2750   | 300  | 10.0                  | 80  |         |       |        |           |
| 5707           | 5752  | 45    | 0.27   | 166.67 | Rotando    |         | 26       | 14          | 900     | 2530    | 2830   | 300  | 10.0                  | 80  | 5736.94 | 23.07 | 182.84 | 2.00      |
| 5752           | 5803  | 51    | 0.40   | 127.50 | Rotando    |         | 25       | 14          | 900     | 2600    | 2900   | 300  | 10.0                  | 80  |         |       |        |           |
| 5803           | 5899  | 96    | 0.73   | 131.51 | Rotando    |         | 25       | 15          | 900     | 2680    | 3000   | 320  | 10.2                  | 90  | 5831.97 | 23.24 | 182.55 | 0.22      |
| 5899           | 5994  | 95    | 0.98   | 96.94  | Rotando    |         | 20       | 15          | 900     | 2850    | 3150   | 300  | 10.2                  | 90  | 5928.07 | 23.46 | 182.82 | 0.25      |
| 5994           | 6088  | 94    | 0.98   | 95.92  | Rotando    |         | 22       | 17          | 900     | 3000    | 3300   | 300  | 10.2                  | 90  | 6021.90 | 23.83 | 182.53 | 0.41      |
| 6088           | 6182  | 94    | 0.77   | 122.08 | Rotando    |         | 22       | 18          | 900     | 2900    | 3200   | 300  | 10.2                  | 90  | 6116.46 | 24.14 | 182.39 | 0.33      |
| 6182           | 6276  | 94    | 0.88   | 106.82 | Rotando    |         | 23       | 18          | 900     | 3050    | 3350   | 300  | 10.2                  | 100 | 6211.04 | 24.06 | 181.77 | 0.28      |
| 6276           | 6300  | 24    | 0.20   | 120.00 | Rotando    |         | 24       | 19          | 900     | 3000    | 3300   | 300  | 10.2                  | 90  |         |       |        |           |
| 6300           | 6317  | 17    | 0.55   | 30.91  | Deslizando | 110     | 18       |             | 900     | 3050    | 3180   | 130  | 10.4                  |     | 6305.01 | 24.05 | 184.27 | 1.08      |
| 6317           | 6350  | 33    | 0.42   | 78.57  | Rotando    |         | 24       | 19          | 900     | 3100    | 3400   | 300  | 10.4                  | 40  |         |       |        |           |
| 6350           | 6370  | 20    | 0.18   | 111.11 | Rotando    |         | 24       | 19          | 900     | 3100    | 3400   | 300  | 10.4                  | 90  |         |       |        |           |
| 6370           | 6467  | 97    | 0.70   | 138.57 | Rotando    |         | 24       | 20          | 900     | 3150    | 3450   | 300  | 10.4                  | 90  | 6433.27 | 23.85 | 185.85 | 0.35      |
| 6467           | 6475  | 8     | 0.08   | 100.00 | Rotando    |         | 24       | 20          | 900     | 3250    | 3550   | 300  | 10.4                  | 90  |         |       |        |           |
| 6475           | 6497  | 22    | 0.62   | 35.48  | Rotando    |         | 15       | 15          | 750     | 2350    | 2600   | 250  | 10.4                  | 40  |         |       |        |           |
| 6497           | 6502  | 5     | 0.25   | 20.00  | Rotando    |         | 19       | 16          | 800     | 2900    | 3200   | 300  | 10.4                  | 80  | 6502.00 | 23.80 | 185.80 | 0.08      |

**Figura 5 - 7: Slide Sheet de la sección de 12 1/4"**

Fuente: Reporte Direccional Final del Pozo 2

#### 5.4.1.6. Perforación de la Sección de 8 1/2"

##### Comentarios Generales:

El pozo, en la sección de 12 1/4", se deja posicionado a ~5 ft arriba del plan en TVD, ~15 ft a la izquierda y con ~0.5° debajo del plan. El plan pide mantener inclinación hasta la base de la Arenisca M-1 para luego tumbar a razón de 1°/100ft hasta TD del pozo.

Previo a esta corrida se perfora con BHA #4 convencional desde 6,502 ft hasta 6,548 ft.

Posterior a la corrida con BHA Convencional, se realizan dos corridas para recuperar núcleo desde 6,548 ft hasta 6,634 ft. En este intervalo, la tendencia con el BHA de recuperación de núcleo es a tumbar inclinación a 1.4°/100ft. Esta tendencia se registra una vez que se baja el BHA #7 Direccional.

Se perfora desde 6,634 ft hasta 6,722 ft con 380 gpm & 40 rpm y luego se incrementa a 70 rpm y perfora hasta 6,779 ft. Sin embargo, debido a la fuerte tendencia a tumbar inclinación (~3°/100ft) se regresa a 40 rpm nuevamente con el fin de frenar la tendencia a perder inclinación. La tendencia se mantiene debido a que el BHA se encuentra en 100% lutita. Se perfora con 40 rpm hasta 7,137 ft donde se incrementa a 50 rpm ya que la tendencia a tumbar disminuye gradualmente hasta 1°-1.5°/100ft al haber salido de las lutitas. Se perfora con 50 rpm hasta TD del pozo a 7,425 ft.

Al realizar viaje corto al zapato se observa viaje libre hasta ~6,650 ft donde observa "overpull" de hasta 40 Klb teniendo que sacar con circulación hasta el zapato. El arrastre observado es en el intervalo donde se recuperó el núcleo. Se baja repasando con 40 rpm este intervalo para acondicionar bien el hoyo y posteriormente libre hasta fondo a 7,425 ft. En fondo se bombea

píldoras y circula hasta retorno limpio en zarandas. El viaje en hueco abierto hasta el zapato se realiza libre sin problemas.

Cabe mencionar, que a pesar de la fuerte tendencia a tumbar inclinación, no se desliza para recuperar inclinación ya que el único objetivo principal (Arenisca M-1) es atravesado dentro del límite de 50 ft de radio.

### **Resultados del BHA:**

- En la Arenisca M-1 tiende a tumbar inclinación a  $\sim 1.9^\circ/100$  ft.
- En las lutitas entre la Arenisca M-1 y Caliza M-1 la tendencia es a tumbar fuertemente a razón de  $\sim 2.8^\circ/100$ ft.
- En la Caliza M-1 tumba a  $\sim 0.5^\circ/100$  ft.
- En la Caliza M-2 tumba a  $\sim 0.9^\circ/100$  ft.
- En la Arenisca M-2 tumba inclinación a  $\sim 0.6^\circ/100$ ft.
- En la Arenisca U Superior sube inclinación a  $\sim 0.3^\circ/100$ ft.
- En la Arenisca U Inferior no se tiene información ya que el sensor de D&I sólo registra hasta la U Superior. Sin embargo, se estima tendencia a ganar inclinación al igual que en la Arenisca U Superior.
- En cuanto a giro, se observa tendencia de giro a la izquierda a razón de  $\sim 0.7^\circ/100$  ft en promedio.

### **Recomendaciones:**

Se observa fuerte tendencia a perder inclinación en la zona de aproximadamente 300 ft de lutitas de  $\sim 2.8^\circ/100$ ft donde el plan pide caída de  $1^\circ/100$ ft a lo largo de toda la corrida. Basado en la tendencia actual de este BHA, se recomienda modificar el BHA y bajar BHA “*fulcrum*” con camisa de 8 1/4" en el motor y liso arriba del mismo. Esta configuración de BHA - usado en otro campo del Oriente Ecuatoriano - demuestra seguir la tendencia del pozo que se deja con el BHA previo. Otra recomendación es tener en cuenta una tasa de caída de inclinación que vaya de acuerdo a lo experimentado en este pozo. En esta corrida se pierde  $\sim 12^\circ$  en  $\sim 842$  ft lo que significa  $\sim 1.4^\circ/100$ ft. Basado en esta caída de inclinación se recomienda considerar en la planificación direccional la tasa de caída antes mencionado desde el inicio de la sección de 8 1/2".



| Nombre de Pozo                     |                                    | Pozo 2              |                                   | BHA #                 |                          | 7                     |  | Profundidad de Entrada |                     | 6634             |  |
|------------------------------------|------------------------------------|---------------------|-----------------------------------|-----------------------|--------------------------|-----------------------|--|------------------------|---------------------|------------------|--|
| Sección (pulg)                     |                                    | 8 1/2               |                                   | Profundidad de Salida |                          |                       |  |                        |                     | 7425             |  |
| #                                  | Descripción                        | OD (pulg)           | ID (pulg)                         | Max OD (pulg)         | Conexión                 | Cuello de Pesca       |  | Longitud (ft)          | Longitud acum. (ft) | Peso acum. (Klb) |  |
|                                    |                                    |                     |                                   |                       |                          | OD (pulg)             | Long. (ft)                               |                        |                     |                  |  |
| 1                                  | Broca PDC de 8 1/2"                | 6                   | 2 1/4                             | 8 1/2                 | 4 1/2 Reg P              |                       |  | 0.97                   | 0.97                | 0.1              |  |
| 2                                  | Motor 7.8 5.0 con camisa de 8 1/4" | 6 3/4               | 5 1/2                             | 8 1/4                 | 4 1/2 Reg B x 4 1/2 IF B | 6 23/32               | 2.98                                     | 26.87                  | 27.84               | 2.5              |  |
| 3                                  | Float Sub                          | 6 3/4               | 2 3/4                             |                       | 4 1/2 IF P x 4 1/2 B     |                       |  | 2.07                   | 29.91               | 2.7              |  |
| 4                                  | Monel Corto                        | 6 3/4               | 2 13/16                           |                       | 4 1/2 IF P x 4 1/2 B     |                       |  | 12.19                  | 42.10               | 3.9              |  |
| 5                                  | Estabilizador 8 1/8"               | 6 23/32             | 2 1/2                             | 8 1/8                 | 4 1/2 IF P x 4 1/2 B     | 6 23/32               | 2.07                                     | 6.00                   | 48.10               | 4.5              |  |
| 6                                  | Monel Corto                        | 6 1/2               | 2 27/32                           |                       | 4 1/2 IF P x 4 1/2 B     |                       |  | 9.57                   | 57.67               | 5.3              |  |
| 7                                  | MWD                                | 6 13/16             | 5 6/55                            |                       | 4 1/2 IF P x 4 1/2 B     | 6 15/32               | 1.33                                     | 27.69                  | 85.36               | 7.7              |  |
| 8                                  | Monel                              | 6 3/4               | 2 15/32                           |                       | 4 1/2 IF P x 4 1/2 B     |                       |  | 30.03                  | 115.39              | 10.6             |  |
| 9                                  | 36 x 5" HWDP                       | 5                   | 3                                 | 6 1/2                 | 4 1/2 IF P x 4 1/2 B     |                       |  | 1103.69                | 1219.08             | 66.2             |  |
| 10                                 | Martillo Hidráulico                | 6 1/2               | 2 7/8                             |                       | 4 1/2 IF P x 4 1/2 B     | 6 1/2                 | 0.90                                     | 31.37                  | 1250.45             | 68.4             |  |
| 11                                 | 3 x 5" HWDP                        | 5                   | 3                                 | 6 1/2                 | 4 1/2 IF P x 4 1/2 B     |                       |  | 91.96                  | 1342.41             | 73.0             |  |
| 12                                 | Crossover                          | 5                   | 2 7/8                             |                       | 4 1/2 IF P x 5 1/2 XT B  |                       |  | 3.29                   | 1345.70             | 73.2             |  |
| Datos de Estabilizador             |                                    |                     | Broca                             |                       |                          | Longitud total (ft)   |  |                        | 1345.70             |                  |  |
| Distancia de aleta a la Broca (ft) | OD aleta (pulg)                    | Longitud aleta (ft) | Cantidad                          |                       | ID (1/32)                |                       | Peso Total en Aire (Klb)                 |                        |                     | 73.2             |  |
|                                    |                                    |                     | 6                                 |                       | 12                       |                       | Peso Total Sumergido (Klb)               |                        |                     | 62.3             |  |
| 2.750                              | 8 1/4                              | 1.04                |                                   |                       |                          |                       | Peso Sumergido debajo del Martillo (Klb) |                        |                     | 56.4             |  |
| 44.920                             | 8 1/8                              | 1.64                |                                   |                       |                          |                       | Peso en Aire debajo del Martillo (Klb)   |                        |                     | 66.2             |  |
| Motor                              |                                    |                     | TFA (pulg2)                       | 0.663                 |                          | Propiedades de Lodo   |  |                        |                     |                  |  |
| Angulo del Bend (deg)              |                                    | 1.5                 |                                   |                       |                          | Peso de Lodo (lb/gal) |  |                        | 10.0                |                  |  |
| Bend a la broca (ft)               |                                    | 6.75                | Distancia Sensor de la Broca (ft) |                       |                          | Tipo de Lodo          |  |                        | Base Agua           |                  |  |
| Salida del Motor (rev/gal)         |                                    | 0.28                |                                   |                       |                          | D+I                   |  |                        | 71.33               |                  |  |
|                                    |                                    |                     |                                   |                       |                          |                       |  |                        | 30                  |                  |  |

Figura 5 - 8: BHA Direccional de la Sección de 8 1/2"

Fuente: Reporte Direccional Final del Pozo 2

| Nombre de Pozo       |       | Pozo 2 <th colspan="2">Sección (pulg)</th> <td colspan="2">8 1/2 <th colspan="2">BHA #</th> <td colspan="2">7 <th colspan="5">Resumen</th> </td></td> |         | Sección (pulg) |          | 8 1/2 <th colspan="2">BHA #</th> <td colspan="2">7 <th colspan="5">Resumen</th> </td> |             | BHA #   |               | 7 <th colspan="5">Resumen</th> |            | Resumen               |           |         |       |        |           |  |         |  |
|----------------------|-------|---|---------|----------------|----------|---|-------------|---------|---------------|--------------------------------|------------|-----------------------|-----------|---------|-------|--------|-----------|--|---------|--|
| Información de Broca |       | Evaluación de Broca   |         |                |          |   |             |         |               |                                | Drill Mode |                       | Intervalo |         | Hrs   |        | ROP       |  | % Perf. |  |
| Jets (1/32)          | 6x12  | In Row  | Out Row | Dull Char      | Location | Bearings  | Gauge       | Other   | Reason Pulled | Rotando                        | Intervalo  | Hrs                   | ROP       | % Perf. |       |        |           |  |         |  |
| TFA (pulg2)          | 0.663 | Entrada   | 1       | 0              | WT       | S   | X           | I       | BT            | CP                             | Deslizando | 0                     | 0.00      | 0.0     | 0%    |        |           |  |         |  |
| IADC                 | M322  | Salida  | 1       | 0              | WT       | S   | X           | I       | BT            | TD                             | Perforando | 791                   | 9.37      | 84.4    | 100%  |        |           |  |         |  |
| Intervalo (ft)       | Curso | Tiempo  | ROP     | Modo           | Tooface  | WOB   | Torque      | Caudal  | SPP Off       | SPP On                         | Diff       | Peso de Lodo (lb/gal) | RPM       | Svy MD  | Incl  | Azth   | DLS       |  |         |  |
| Desde                | Hasta | ft  | (h)     | ft/h           | deg      | 1000 lbf  | 1000 ft.lbf | gal/min | psi           | psi                            | psi        | (lb/gal)              |           | ft      | deg   | deg    | deg/100ft |  |         |  |
| 6634                 | 6660  | 26  | 0.33    | 78.79          | Rotating | 20  | 16          | 380     | 1250          | 1530                           | 280        | 10.1                  | 40        |         |       |        |           |  |         |  |
| 6660                 | 6722  | 62  | 0.82    | 75.61          | Rotating | 22  | 16          | 380     | 1230          | 1550                           | 320        | 10.1                  | 40        | 6674.67 | 20.35 | 184.74 | 2.47      |  |         |  |
| 6722                 | 6756  | 34  | 0.32    | 106.25         | Rotating | 25  | 17          | 380     | 1200          | 1560                           | 360        | 10.1                  | 70        |         |       |        |           |  |         |  |
| 6756                 | 6779  | 23  | 0.20    | 115.00         | Rotating | 25  | 17          | 380     | 1150          | 1500                           | 350        | 10.1                  | 70        | 6768.92 | 17.04 | 183.81 | 3.53      |  |         |  |
| 6779                 | 6851  | 72  | 0.93    | 77.42          | Rotating | 22  | 17          | 380     | 1150          | 1500                           | 350        | 10.1                  | 40        |         |       |        |           |  |         |  |
| 6851                 | 6947  | 96  | 1.38    | 69.67          | Rotating | 22  | 17          | 380     | 1150          | 1500                           | 350        | 10.1                  | 40        | 6862.54 | 14.59 | 182.21 | 2.66      |  |         |  |
| 6947                 | 7043  | 96  | 1.58    | 60.76          | Rotating | 18  | 15          | 400     | 1380          | 1750                           | 370        | 10.0                  | 40        | 6963.75 | 12.95 | 182.67 | 1.62      |  |         |  |
| 7043                 | 7137  | 94  | 0.88    | 106.82         | Rotating | 16  | 16          | 400     | 1460          | 1860                           | 400        | 10.0                  | 40        | 7052.48 | 12.12 | 182.18 | 0.94      |  |         |  |
| 7137                 | 7233  | 96  | 0.98    | 97.96          | Rotating | 16  | 16          | 380     | 1270          | 1670                           | 400        | 10.0                  | 50        | 7148.21 | 11.67 | 181.54 | 0.49      |  |         |  |
| 7233                 | 7329  | 96  | 1.03    | 93.20          | Rotating | 16  | 16          | 380     | 1240          | 1640                           | 400        | 10.0                  | 50        | 7243.46 | 11.04 | 180.76 | 0.68      |  |         |  |
| 7329                 | 7425  | 96  | 0.92    | 104.35         | Rotating | 18  | 17          | 380     | 1300          | 1700                           | 400        | 10.0                  | 50        | 7339.52 | 11.35 | 180.34 | 0.33      |  |         |  |

Figura 5 - 9: Slide Sheet de la sección de 8 1/2" – Pozo 2

Fuente: Reporte Direccional Final del Pozo 2

## 5.4.1.7. Surveys

## Reporte de Surveys - Pozo 2

| MD<br>(ft) | Incl<br>(°) | Azim<br>Grid<br>(°) | TVD<br>(ft) | VSEC<br>(ft) | NS<br>(N/S ft) | EW<br>(E/W ft) | Closure<br>(ft) | Closure<br>Azimuth<br>(°) | DLS<br>(°/100ft) |
|------------|-------------|---------------------|-------------|--------------|----------------|----------------|-----------------|---------------------------|------------------|
| 0.00       | 0.00        | 158.00              | 0.00        | 0.00         | N 0.00         | E 0.00         | 0.00            | 0.00                      | N/A              |
| 50.00      | 0.20        | 169.43              | 50.00       | 0.08         | S 0.09         | E 0.02         | 0.09            | 169.43                    | 0.40             |
| 100.00     | 0.24        | 223.67              | 100.00      | 0.25         | S 0.25         | W 0.04         | 0.25            | 189.25                    | 0.41             |
| 150.00     | 0.33        | 246.70              | 150.00      | 0.40         | S 0.38         | W 0.24         | 0.45            | 212.79                    | 0.29             |
| 200.00     | 0.28        | 252.43              | 200.00      | 0.51         | S 0.47         | W 0.49         | 0.68            | 226.17                    | 0.12             |
| 250.00     | 0.44        | 248.57              | 250.00      | 0.64         | S 0.58         | W 0.79         | 0.98            | 233.63                    | 0.32             |
| 300.00     | 0.48        | 249.71              | 300.00      | 0.81         | S 0.72         | W 1.16         | 1.37            | 238.13                    | 0.08             |
| 350.00     | 0.63        | 263.60              | 349.99      | 0.94         | S 0.83         | W 1.63         | 1.83            | 243.15                    | 0.40             |
| 400.00     | 0.52        | 268.36              | 399.99      | 1.01         | S 0.86         | W 2.13         | 2.30            | 247.95                    | 0.24             |
| 450.00     | 0.63        | 263.47              | 449.99      | 1.09         | S 0.90         | W 2.63         | 2.78            | 251.10                    | 0.24             |
| 500.00     | 0.78        | 221.24              | 499.98      | 1.41         | S 1.19         | W 3.13         | 3.35            | 249.21                    | 1.05             |
| 600.00     | 2.22        | 171.67              | 599.95      | 3.84         | S 3.62         | W 3.30         | 4.90            | 222.36                    | 1.81             |
| 668.00     | 3.37        | 166.69              | 667.87      | 7.04         | S 6.87         | W 2.65         | 7.36            | 201.09                    | 1.73             |
| 750.00     | 4.36        | 162.02              | 749.68      | 12.23        | S 12.18        | W 1.13         | 12.23           | 185.31                    | 1.27             |
| 850.00     | 5.52        | 161.77              | 849.31      | 20.20        | S 20.36        | E 1.55         | 20.42           | 175.65                    | 1.16             |
| 950.00     | 6.77        | 166.99              | 948.73      | 30.28        | S 30.67        | E 4.38         | 30.98           | 171.88                    | 1.37             |
| 1050.00    | 7.92        | 173.75              | 1047.91     | 42.69        | S 43.26        | E 6.46         | 43.74           | 171.51                    | 1.44             |
| 1150.00    | 9.00        | 177.25              | 1146.82     | 57.23        | S 57.93        | E 7.58         | 58.42           | 172.54                    | 1.20             |
| 1250.00    | 10.17       | 179.87              | 1245.43     | 73.80        | S 74.57        | E 7.98         | 74.99           | 173.89                    | 1.25             |
| 1342.00    | 11.05       | 177.96              | 1335.85     | 90.67        | S 91.50        | E 8.31         | 91.88           | 174.81                    | 1.03             |
| 1428.95    | 12.49       | 176.75              | 1420.97     | 108.28       | S 109.22       | E 9.14         | 109.60          | 175.22                    | 1.68             |
| 1523.33    | 13.72       | 180.26              | 1512.89     | 129.57       | S 130.60       | E 9.67         | 130.96          | 175.77                    | 1.55             |
| 1616.57    | 15.21       | 181.42              | 1603.18     | 152.82       | S 153.89       | E 9.31         | 154.17          | 176.54                    | 1.63             |
| 1710.59    | 16.91       | 181.30              | 1693.52     | 178.80       | S 179.89       | E 8.70         | 180.10          | 177.23                    | 1.81             |
| 1807.06    | 18.68       | 184.61              | 1785.38     | 208.27       | S 209.32       | E 7.14         | 209.44          | 178.05                    | 2.11             |
| 1903.27    | 19.77       | 185.06              | 1876.22     | 239.94       | S 240.88       | E 4.46         | 240.92          | 178.94                    | 1.14             |
| 1997.27    | 20.78       | 185.37              | 1964.39     | 272.51       | S 273.32       | E 1.50         | 273.32          | 179.69                    | 1.08             |
| 2092.57    | 22.38       | 184.94              | 2053.01     | 307.55       | S 308.23       | W 1.64         | 308.23          | 180.31                    | 1.69             |
| 2188.64    | 22.96       | 184.90              | 2141.66     | 344.58       | S 345.12       | W 4.82         | 345.15          | 180.80                    | 0.60             |
| 2282.09    | 23.81       | 185.76              | 2227.43     | 381.66       | S 382.05       | W 8.27         | 382.14          | 181.24                    | 0.98             |
| 2375.52    | 24.18       | 185.75              | 2312.79     | 419.64       | S 419.85       | W 12.08        | 420.02          | 181.65                    | 0.40             |
| 2467.66    | 24.05       | 185.77              | 2396.89     | 457.27       | S 457.31       | W 15.86        | 457.58          | 181.99                    | 0.14             |
| 2562.51    | 24.05       | 185.75              | 2483.50     | 495.90       | S 495.77       | W 19.74        | 496.16          | 182.28                    | 0.01             |
| 2657.27    | 24.57       | 185.65              | 2569.86     | 534.90       | S 534.58       | W 23.61        | 535.10          | 182.53                    | 0.55             |
| 2750.51    | 25.06       | 185.84              | 2654.49     | 574.02       | S 573.52       | W 27.53        | 574.18          | 182.75                    | 0.53             |
| 2846.17    | 25.18       | 186.15              | 2741.10     | 614.60       | S 613.90       | W 31.77        | 614.73          | 182.96                    | 0.19             |
| 2940.74    | 25.08       | 185.92              | 2826.72     | 654.74       | S 653.84       | W 35.99        | 654.83          | 183.15                    | 0.15             |
| 3035.27    | 25.04       | 185.76              | 2912.35     | 694.76       | S 693.68       | W 40.07        | 694.83          | 183.31                    | 0.08             |
| 3128.09    | 24.89       | 186.03              | 2996.50     | 733.92       | S 732.64       | W 44.09        | 733.97          | 183.44                    | 0.20             |
| 3226.00    | 24.79       | 186.28              | 3085.35     | 775.02       | S 773.54       | W 48.50        | 775.06          | 183.59                    | 0.15             |
| 3320.07    | 24.80       | 186.76              | 3170.75     | 814.44       | S 812.73       | W 52.98        | 814.46          | 183.73                    | 0.21             |
| 3415.47    | 25.04       | 186.20              | 3257.27     | 854.60       | S 852.67       | W 57.52        | 854.61          | 183.86                    | 0.35             |
| 3510.53    | 25.31       | 186.16              | 3343.30     | 895.01       | S 892.87       | W 61.87        | 895.01          | 183.96                    | 0.28             |
| 3604.95    | 25.26       | 186.25              | 3428.67     | 935.31       | S 932.97       | W 66.23        | 935.31          | 184.06                    | 0.07             |
| 3698.95    | 25.22       | 186.58              | 3513.70     | 975.36       | S 972.80       | W 70.71        | 975.36          | 184.16                    | 0.16             |

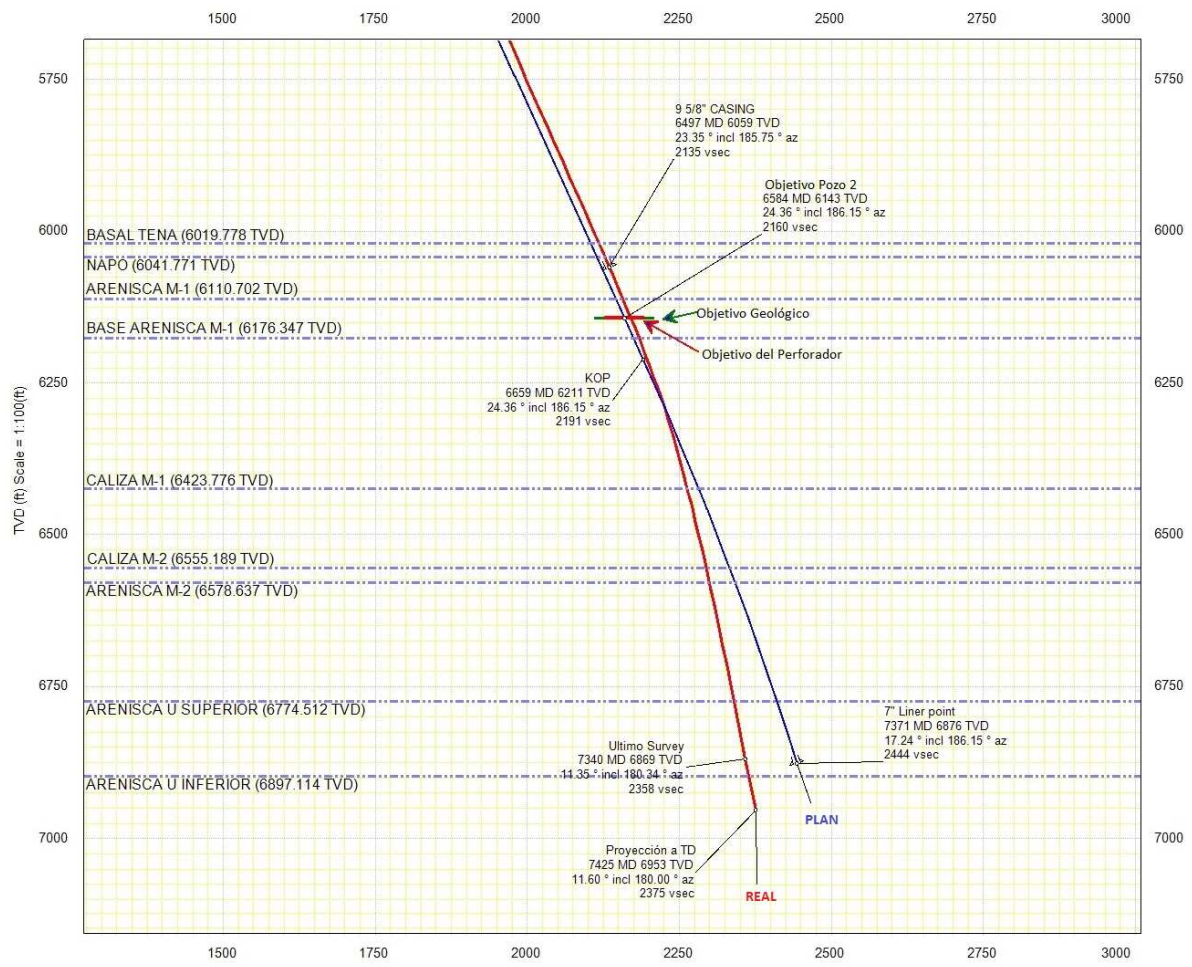


| MD<br>(ft) | Incl<br>(°) | Azim<br>Grid<br>(°) | TVD<br>(ft) | VSEC<br>(ft) | NS<br>(N/S ft) | EW<br>(E/W ft) | Closure<br>(ft) | Closure<br>Azimuth<br>(°) | DLS<br>(°/100ft) |
|------------|-------------|---------------------|-------------|--------------|----------------|----------------|-----------------|---------------------------|------------------|
| 3733.06    | 25.35       | 186.65              | 3544.54     | 989.92       | S 987.27       | W 72.38        | 989.92          | 184.19                    | 0.39             |
| 3830.37    | 24.50       | 186.59              | 3632.79     | 1030.89      | S 1028.01      | W 77.11        | 1030.89         | 184.29                    | 0.87             |
| 3924.67    | 23.99       | 186.99              | 3718.77     | 1069.57      | S 1066.46      | W 81.69        | 1069.58         | 184.38                    | 0.57             |
| 4020.53    | 25.51       | 184.63              | 3805.82     | 1109.68      | S 1106.38      | W 85.73        | 1109.69         | 184.43                    | 1.89             |
| 4118.26    | 26.16       | 184.17              | 3893.79     | 1152.26      | S 1148.84      | W 88.99        | 1152.28         | 184.43                    | 0.70             |
| 4213.16    | 26.30       | 183.76              | 3978.91     | 1194.21      | S 1190.68      | W 91.89        | 1194.22         | 184.41                    | 0.24             |
| 4307.69    | 26.56       | 184.02              | 4063.56     | 1236.28      | S 1232.66      | W 94.75        | 1236.30         | 184.40                    | 0.30             |
| 4403.90    | 26.20       | 183.93              | 4149.75     | 1279.03      | S 1275.31      | W 97.71        | 1279.05         | 184.38                    | 0.38             |
| 4498.54    | 25.26       | 186.22              | 4235.01     | 1320.10      | S 1316.23      | W 101.33       | 1320.12         | 184.40                    | 1.45             |
| 4593.79    | 24.16       | 187.90              | 4321.54     | 1359.86      | S 1355.74      | W 106.21       | 1359.89         | 184.48                    | 1.37             |
| 4686.00    | 23.27       | 187.02              | 4405.96     | 1396.88      | S 1392.51      | W 111.03       | 1396.93         | 184.56                    | 1.04             |
| 4781.63    | 22.90       | 186.96              | 4493.94     | 1434.33      | S 1429.73      | W 115.59       | 1434.39         | 184.62                    | 0.39             |
| 4879.13    | 23.82       | 187.82              | 4583.44     | 1472.93      | S 1468.06      | W 120.57       | 1473.00         | 184.70                    | 1.01             |
| 4973.59    | 24.43       | 187.50              | 4669.65     | 1511.46      | S 1506.33      | W 125.72       | 1511.56         | 184.77                    | 0.66             |
| 5069.25    | 24.58       | 187.89              | 4756.70     | 1551.06      | S 1545.65      | W 131.03       | 1551.19         | 184.85                    | 0.23             |
| 5163.56    | 24.86       | 187.36              | 4842.36     | 1590.43      | S 1584.74      | W 136.26       | 1590.58         | 184.91                    | 0.38             |
| 5257.24    | 25.03       | 186.92              | 4927.30     | 1629.88      | S 1623.94      | W 141.17       | 1630.06         | 184.97                    | 0.27             |
| 5353.15    | 25.21       | 186.80              | 5014.14     | 1670.55      | S 1664.36      | W 146.04       | 1670.76         | 185.01                    | 0.20             |
| 5449.52    | 24.37       | 187.09              | 5101.63     | 1710.91      | S 1704.47      | W 150.92       | 1711.14         | 185.06                    | 0.88             |
| 5545.61    | 24.66       | 186.60              | 5189.06     | 1750.73      | S 1744.06      | W 155.67       | 1750.99         | 185.10                    | 0.37             |
| 5640.68    | 24.62       | 185.66              | 5275.47     | 1790.34      | S 1783.47      | W 159.90       | 1790.62         | 185.12                    | 0.41             |
| 5736.94    | 23.07       | 182.84              | 5363.52     | 1829.24      | S 1822.26      | W 162.82       | 1829.52         | 185.11                    | 2.00             |
| 5831.97    | 23.24       | 182.55              | 5450.89     | 1866.60      | S 1859.59      | W 164.57       | 1866.85         | 185.06                    | 0.22             |
| 5928.07    | 23.46       | 182.82              | 5539.12     | 1904.68      | S 1897.63      | W 166.36       | 1904.91         | 185.01                    | 0.25             |
| 6021.90    | 23.83       | 182.53              | 5625.07     | 1942.30      | S 1935.22      | W 168.11       | 1942.51         | 184.96                    | 0.41             |
| 6116.46    | 24.14       | 182.39              | 5711.47     | 1980.72      | S 1973.63      | W 169.76       | 1980.92         | 184.92                    | 0.33             |
| 6211.04    | 24.06       | 181.77              | 5797.80     | 2019.31      | S 2012.22      | W 171.16       | 2019.49         | 184.86                    | 0.28             |
| 6305.01    | 24.05       | 184.27              | 5883.62     | 2057.60      | S 2050.46      | W 173.18       | 2057.76         | 184.83                    | 1.08             |
| 6401.60    | 23.96       | 185.88              | 5971.85     | 2096.89      | S 2089.60      | W 176.66       | 2097.05         | 184.83                    | 0.68             |
| 6433.27    | 23.85       | 185.85              | 6000.81     | 2109.72      | S 2102.37      | W 177.97       | 2109.89         | 184.84                    | 0.35             |
| 6578.07    | 22.72       | 185.62              | 6133.81     | 2166.93      | S 2159.32      | W 183.69       | 2167.12         | 184.86                    | 0.78             |
| 6674.87    | 20.35       | 184.74              | 6223.85     | 2202.45      | S 2194.70      | W 186.91       | 2202.65         | 184.87                    | 2.47             |
| 6768.92    | 17.04       | 183.81              | 6312.92     | 2232.59      | S 2224.76      | W 189.18       | 2232.79         | 184.86                    | 3.53             |
| 6862.54    | 14.59       | 182.21              | 6402.99     | 2258.10      | S 2250.23      | W 190.55       | 2258.28         | 184.84                    | 2.66             |
| 6963.75    | 12.95       | 182.67              | 6501.29     | 2282.18      | S 2274.30      | W 191.57       | 2282.35         | 184.81                    | 1.62             |
| 7052.48    | 12.12       | 182.18              | 6587.90     | 2301.43      | S 2293.54      | W 192.38       | 2301.59         | 184.79                    | 0.94             |
| 7148.21    | 11.67       | 181.54              | 6681.58     | 2321.14      | S 2313.26      | W 193.03       | 2321.30         | 184.77                    | 0.49             |
| 7243.46    | 11.04       | 180.76              | 6774.96     | 2339.87      | S 2332.01      | W 193.41       | 2340.02         | 184.74                    | 0.68             |
| 7339.52    | 11.35       | 180.34              | 6869.20     | 2358.49      | S 2350.66      | W 193.58       | 2358.62         | 184.71                    | 0.33             |
| 7425.00    | 11.60       | 180.00              | 6952.97     | 2375.45      | S 2367.66      | W 193.63       | 2375.57         | 184.68                    | 0.30             |

**Figura 5 - 10: Reporte de Surveys**

Fuente: Reporte Direccional Final del Pozo 2

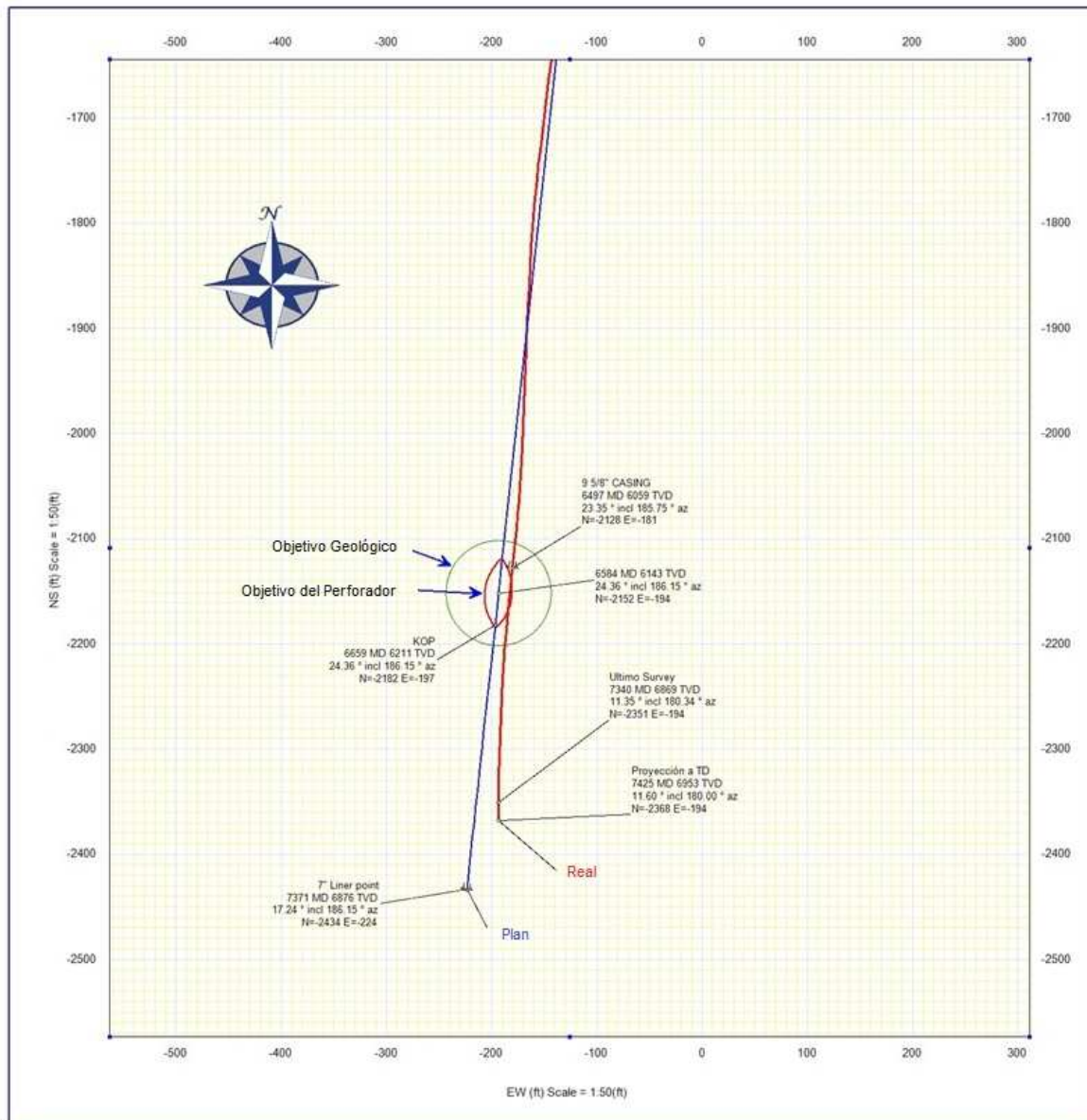
5.4.1.8. Gráficos



Vertical Section (ft) Azim = 184.11° Scale = 1:100(ft) Origin = 0N/-S, 0E/-W

**Figura 5 - 11: Vista Vertical**  
 Fuente: Reporte Direccional Final del Pozo 2





**Figura 5 - 12: Visa de Planta**  
Fuente: Reporte Direccional Final del Pozo 2

## 5.4.2. Pozos 3, 4, 5, 6, 7 & 8

### 5.4.2.1. Perforación de la Sección de 16"

Un BHA Direccional típico usado en esta sección comprende de los siguientes componentes: 16" Broca PDC + 9 5/8" Motor c/Camisa 15 3/4" + 8" Monel Corto + 15 3/4" o 14 5/8" Estabilizador + 8" MWD + 2x8" *Drill Collars* + *Crossover* + (n)x5" HWDP + etc...El estabilizador *string* de 15 3/4" o 14 5/8" está posicionada a una distancia apropiada del primero de acuerdo a la inclinación a mantener en la sección tangente establecida en el plan direccional. Este BHA Direccional perfora todo Chalcana que en su mayor parte está compuesto de arcilla hasta entrar algunos pies en Orteguaza donde se sienta *casing* de 13 3/8".

Esta sección es planificada para perforar con 1,100 gpm de caudal con el fin de limpiar bien el hoyo, y HSI alrededor de 3 con el fin de limpiar bien la broca y evitar embolamiento de la misma, y obtener un buen avance en cuanto a ROP. Sin embargo, se observan dos limitantes que impiden obtener un buen avance: límite de presión de las bombas fijada a 3,500-3,550 psi, y el límite de 300 psi de presión diferencial a aplicar al motor de fondo debido al tipo de elastómero HN234 (Nitrilo Hidrogenado) y configuración *rotor/stator* (5:6). Con el fin de mejorar el avance en cuanto a ROP, en los pozos siguientes se realizan los siguientes cambios:

- **Límite de presión de bomba:** El límite máximo de presión de trabajo fijada por la compañía perforadora es de 3,500-3,550 psi. Este límite de presión es considerando 10% de factor de seguridad sobre el límite máximo de presión especificado por el fabricante de las bombas SW A-1700-PT/A-1400-PT. Cabe mencionar, que la presión máxima de trabajo especificada por el fabricante es de 3,960 psi para *liner* de 6" con longitud de carrera de 12", y ésta ya cuenta con 10% de factor de seguridad. Teniendo en cuenta lo antes mencionado, se establece que el límite de presión de trabajo para los siguientes pozos es de 3,850 - 3900 psi.

Tabla 5 - 4: Tabla de Desempeño de Bombas de Lodo

| MUD PUMP PERFORMANCE CHART |            |            |               |                      |       |      |       |       |       |      |       |       |       |      |       |       |      |
|----------------------------|------------|------------|---------------|----------------------|-------|------|-------|-------|-------|------|-------|-------|-------|------|-------|-------|------|
| PUMP MODEL                 | MAX I.H.P. | MAX S.P.M. | STROKE LENGTH | LINER SIZE IN INCHES |       |      |       |       |       |      |       |       |       |      |       |       |      |
|                            |            |            |               | 4                    | 4 1/2 | 5    | 5 1/4 | 5 1/2 | 5 3/4 | 6    | 6 1/4 | 6 1/2 | 6 3/4 | 7    | 7 1/4 | 7 1/2 |      |
| A-1700-PT                  | 1700       | 150        | 12"           | MAX-P.S.I.           | 5000  | 5000 | 5000  | 5000  | 4714  | 4313 | 3960  | 3650  | 3380  | 3130 | 2910  | 2713  | 2535 |
|                            |            |            |               | G.P.R.               | 1.96  | 2.48 | 3.06  | 3.37  | 3.70  | 4.05 | 4.41  | 4.78  | 5.17  | 5.11 | 6.00  | 6.43  | 6.88 |
| A-1400-PT                  | 1400       | 150        | 10"           | MAX-P.S.I.           | 5000  | 5000 | 5000  | 5000  | 4714  | 4313 | 3960  | 3650  | 3380  | 3130 | 2910  | 2713  | 2535 |
|                            |            |            |               | G.P.R.               | 1.63  | 2.07 | 2.55  | 2.81  | 3.09  | 3.37 | 3.67  | 3.98  | 4.31  | 4.65 | 5.00  | 5.36  | 5.74 |
|                            |            |            |               | G.P.M. @ 150 R.P.M.  | 294   | 372  | 459   | 506   | 555   | 608  | 662   | 717   | 776   | 767  | 900   | 965   | 1032 |
|                            |            |            |               | G.P.M. @ 150 R.P.M.  | 245   | 311  | 383   | 422   | 464   | 506  | 551   | 597   | 647   | 698  | 750   | 804   | 861  |

NOTE: I.H.P.= INPUT HORSE POWER    S.P.M.= STROKE PER MINUTE    P.S.I.= POUNDS PER SQUARE INCH    G.P.R.= GALLONS PER REVOLUTION

\*MAX – P.S.I. CALCULATIONS DO NOT EXCEED MAXIMUM FLUID END PRESSURE RATINGS

BASED ON 100% VOLUMETRIC EFFICIENCY AND 90% MECHANICAL EFFICIENCY

Fuente: Southwest Oilfield Products, INC.

- **Relación rotor/estator & elastómero:** El motor es de alto torque y baja revolución (0.11 rev/gal) cuya relación rotor/estator es de 5:6 y de 4 etapas el cual provee 11,000 lb-ft de torque máximo de salida y, en conjunto con el elastómero HN234, una máxima presión diferencial a aplicar sobre el motor de 300 psi (75 psi por etapa para el elastómero HN234). Con esta configuración, apenas se puede aplicar 20-22 Klb de peso en la broca debido a que se alcanza el límite de 300 psi de presión diferencial, teniendo aún margen hasta 45-50 Klb de peso para aplicar. En los pozos siguientes, se usa motor de mayor torque de relación

7:8 y 4.8 etapas con elastómero NBR-HR (Nitrilo **B**utadieno **H**ard **R**ubber) el cual provee 14,000 lb-ft de torque máximo de salida y 480 psi de presión diferencial máxima en el motor (100 psi por etapa para el elastómero NBR-HR). Al tener mayor margen de presión diferencial, se permite aplicar mayor peso en la broca lo que se traduce en mejor ROP. Así mismo, con un mayor torque de salida en la broca se tiene mayor control del *toolface* durante los trabajos de *slide* a mayores profundidades. En la Tabla 5-5 se muestra la configuración del motor de fondo, tipo de elastómero, presión diferencial, peso en la broca aplicado y ROP obtenido en los pozos perforados.

**Tabla 5 - 5: Elastómero, parámetros y ROP**

| Pozo   | BHA # | Motor    |        | Elastómero |                                    | Peso en la broca aplicado (Klb) | ROP (ft/hr) |          |         |
|--------|-------|----------|--------|------------|------------------------------------|---------------------------------|-------------|----------|---------|
|        |       | Relación | Etapas | Tipo       | Presión Diferencial aplicado (psi) |                                 | Slide       | Rotación | General |
| Pozo 2 | 2     | 5:6      | 4.0    | HN234      | 300                                | 20                              | 176         | 238      | 225     |
| Pozo 3 | 2     | 5:6      | 4.0    | HN234      | 300                                | 22                              | 167         | 254      | 238     |
| Pozo 4 | 2     | 7:8      | 4.8    | NBR-HR     | 450                                | 48                              | 238         | 401      | 342     |
| Pozo 5 | 2     | 5:6      | 4.0    | HN234      | 300                                | 32                              | 142         | 289      | 250     |
| Pozo 6 | 3     | 7:8      | 4.8    | NBR-HR     | 450                                | 48                              | 336         | 491      | 452     |
| Pozo 7 | 3     | 7:8      | 4.8    | NBR-HR     | 450                                | 50                              | 345         | 482      | 460     |
| Pozo 8 | 3     | 7:8      | 4.8    | NBR-HR     | 400                                | 40                              | 266         | 448      | 383     |

Fuente: Elaboración propia con información de Reporte Direccional Final

- **HSI y limpieza de la broca:** El HSI planificado para esta sección es de alrededor de 3 HP/in<sup>2</sup> con TFA de 0.949 in<sup>2</sup> con el propósito de tener la capacidad de remover los recortes del fondo del hoyo, limpiar bien las aletas de la broca y evitar que esta se embole con las arcillas de la formación Chalcana. Sin embargo, debido a la alta presión obtenida al perforar esta sección en el Pozo 2, se planifica – para los pozos siguientes - una hidráulica en la broca con HSI alrededor de 2.5 el cual es suficiente para limpiar bien la broca. Basado en la nueva hidráulica, el TFA usado en los siguientes pozos es de 1.141 in<sup>2</sup> con 10.0-10.2 ppg de peso de lodo y caudal mínimo de 1,060-1080 gpm al finalizar la sección. Sobre este punto, es importante mencionar el caso del Pozo 8, donde se planifica perforar con TFA un poco más abierto (1.208 in<sup>2</sup>) y esperando perforar con 1,100 gpm y HSI de 2.5, sin embargo, debido al límite de la presión sólo se alcanza a bombear 1,040 gpm obteniendo HSI de 2. En la Tabla 5-6 se muestra la hidráulica para los BHA's usados en la sección de 16”.

Tabla 5 - 6: Hidráulica a TD de la sección 16"

| Pozo   | BHA # | Broca |            |       | Hidráulica @ TD |       |          |                                    |                                      |              |                           |      | TD (ft) |
|--------|-------|-------|------------|-------|-----------------|-------|----------|------------------------------------|--------------------------------------|--------------|---------------------------|------|---------|
|        |       |       |            |       | Caudal (gpm)    |       | MW (ppg) | Caída de presión en la broca (psi) | Potencia Hidráulica en la broca (HP) | HSI (HP/in2) | Stand Pipe Pressure (psi) |      |         |
|        |       | IADC  | Jets       | TFA   | Superficie      | Broca |          |                                    |                                      |              |                           |      |         |
| Pozo 2 | 2     | S123  | 5x13, 2x14 | 0.949 | 1000            | 970   | 10.3     | 991                                | 561                                  | 2.8          | 3500                      | 3808 |         |
| Pozo 3 | 2     | S123  | 2x13, 5x14 | 1.011 | 1100            | 1067  | 10.2     | 1046                               | 651                                  | 3.2          | 3800                      | 3760 |         |
| Pozo 4 | 2     | S123  | 3x14, 4x15 | 1.141 | 1080            | 1048  | 10.0     | 776                                | 475                                  | 2.4          | 3850                      | 3960 |         |
| Pozo 5 | 2     | S123  | 4x13, 3x14 | 0.969 | 1050            | 1019  | 10.2     | 1038                               | 617                                  | 3.1          | 3800                      | 3735 |         |
| Pozo 6 | 3     | S123  | 3x14, 4x15 | 1.141 | 1060            | 1028  | 10.2     | 763                                | 458                                  | 2.3          | 3900                      | 3895 |         |
| Pozo 7 | 3     | S123  | 3x14, 4x15 | 1.141 | 1060            | 1028  | 10.2     | 763                                | 458                                  | 2.3          | 3850                      | 3740 |         |
| Pozo 8 | 3     | S123  | 7x15       | 1.208 | 1040            | 1009  | 10.4     | 668                                | 393                                  | 2.0          | 3800                      | 4120 |         |

Fuente: Elaboración propia con información de Reporte Direccional Final

En cuanto a la respuesta del BHA en la sección tangente, la distancia entre las aletas de los estabilizadores – camisa del motor y el *string* encima del motor – juegan un rol importante. El objetivo de un BHA Direccional con motor de fondo es deslizar lo menos posible en secciones tangente con el fin de obtener mayor ROP en modo rotación. Es así, que el diámetro del estabilizador *string* así como su ubicación en el BHA es de suma importancia. Un pequeño error puede llevar a trabajo continuo de corrección en la sección tangente el cual se refleja en un pobre ROP. En el caso de esta sección de 16", el diámetro de los estabilizadores son ambos de 15 3/4" para la mayoría de pozos con sección tangente de 20° a 30° de inclinación. Sin embargo, para el pozo 8, el diámetro del estabilizador *string* es de 14 5/8", 1-1/8" menos que el diámetro de la camisa de 15 3/4" del motor. La razón por la que se planifica esta configuración es por el hecho de que la inclinación de la tangente es 45° aproximadamente, y en hoyos con inclinación superior a 40° el efecto péndulo empieza a hacerse notar en las respuestas del BHA con estabilizadores del mismo diámetro. Es por ello, que se baja el estabilizador *string* desgastado convirtiendo el BHA en *fulcrum* que pueda contrarrestar el efecto péndulo esperado. En la Tabla 5-7 se muestra el espaciamiento entre los estabilizadores, su respuesta en modo rotación así como el porcentaje deslizado y rotado en la sección tangente para los pozos perforados.

Tabla 5 - 7: Espaciamiento entre estabilizadores y respuesta del BHA

| Pozo   | BHA # | OD del Estabilizador (pulg) |                 | Distancia entre Aletas (ft) | Inclinación del pozo en tangente (°) | Respuesta en modo rotación (°/100 ft) | Intervalo perforado en tangente (ft) |          |       | %     |          |
|--------|-------|-----------------------------|-----------------|-----------------------------|--------------------------------------|---------------------------------------|--------------------------------------|----------|-------|-------|----------|
|        |       | Camisa del motor            | String Superior |                             |                                      |                                       | Slide                                | Rotación | Total | Slide | Rotación |
| Pozo 2 | 2     | 15 3/4                      | 15 3/4          | 42.89                       | 25                                   | - 0.05                                | 34                                   | 1494     | 1528  | 2%    | 98%      |
| Pozo 3 | 2     | 15 3/4                      | 15 3/4          | 43.04                       | 23                                   | + 0.10                                | 0                                    | 1480     | 1480  | 0%    | 100%     |
| Pozo 4 | 2     | 15 3/4                      | 15 3/4          | 45.64                       | 36                                   | - 0.30                                | 100                                  | 850      | 950   | 11%   | 89%      |
| Pozo 5 | 2     | 15 3/4                      | 15 3/4          | 44.67                       | 20                                   | - 0.10                                | 67                                   | 1220     | 1287  | 5%    | 95%      |
| Pozo 6 | 3     | 15 3/4                      | 15 3/4          | 46.97                       | 32                                   | + 0.10                                | 18                                   | 1027     | 1045  | 2%    | 98%      |
| Pozo 7 | 3     | 15 3/4                      | 15 3/4          | 44.80                       | 18                                   | - 0.20                                | 60                                   | 1973     | 2033  | 3%    | 97%      |
| Pozo 8 | 3     | 15 3/4                      | 14 5/8          | 44.45                       | 46                                   | + 0.20                                | 67                                   | 662      | 729   | 9%    | 91%      |

Fuente: Elaboración propia con información de Reporte Direccional Final



#### 5.4.2.2. Perforación de la Sección de 12 1/4"

El BHA típico con motor de fondo usado para perforar esta sección consiste de: 12 1/4" Broca PDC + 8" Motor c/Camisa 12" + 8" *Float Sub* + 11 3/4" Estabilizador + 8" Monel Corto + 8" MWD + 8" Monel + *Crossover* + (n)x5" HWDP + etc. El espaciamiento entre los estabilizadores, del motor y *string*, es de aproximadamente 32 ft.

El BHA Direccional perfora esta sección atravesando diferentes formaciones como son Orteguaza, conformada por lutitas y limolita principalmente; Tiyuyacu y Tena, conformada por arcilla en mayor proporción; un pequeño cuerpo de 25-35 ft de arena llamado Basal Tena; y Napo donde se sienta el *casing* de 9 5/8".

La elección de usar un estabilizador *string* de 1/4" menos que el diámetro de la camisa de 12" del motor es con el fin de obtener un BHA ligeramente *fulcrum*, es decir, con tendencia a levantar inclinación entre 0.2°-0.4°/100 ft al perforar rotando. La razón de esta elección es por dos razones principalmente; primero, minimizar la tendencia a tumbar inclinación en las lutitas de Orteguaza donde se puede perder inclinación entre 0.5°-1°/100 ft; y segundo, recuperar tal inclinación en la limolita de Orteguaza y arcillas de Tiyuyacu y Tena. La pérdida de inclinación en las lutitas se debe a que estas se lavan fácilmente creándose un hoyo ligeramente de mayor diámetro (*washout*), disminuyendo así el contacto de los estabilizadores con la pared del pozo lo cual convierte al BHA en un BHA pendular. En la siguiente Tabla 5-8 se muestra las tendencias en modo rotación de los BHA's con motor de fondo en las diferentes formaciones.

**Tabla 5 - 8: Tendencia de los BHA's en diferentes formaciones**

| Pozo   | BHA # | Tipo  | OD del estabilizador (pulg) |                        | Distancia entre aletas (ft) | Inclinación en tangente (°) | Respuesta en modo rotación (°/100 ft) |                      |                    |                |
|--------|-------|-------|-----------------------------|------------------------|-----------------------------|-----------------------------|---------------------------------------|----------------------|--------------------|----------------|
|        |       |       | Camisa del motor            | Estabilizador Superior |                             |                             | Lutitas (Orteguaza)                   | Limolita (Orteguaza) | Arcilla (Tiyuyacu) | Arcilla (Tena) |
| Pozo 2 | 3     | Motor | 12                          | 11 3/4                 | 32.46                       | 24                          | - 0.9                                 | +0.1                 | +0.4               | +0.1           |
| Pozo 3 | 3     | Motor | 12                          | 11 3/4                 | 32.59                       | 22                          | - 0.8                                 | +0.05                | +0.25              | - 0.1          |
| Pozo 4 | 3     | Motor | 12                          | 11 3/4                 | 31.52                       | 34                          | - 0.7                                 | +0.3                 | +0.3               | +0.1           |
| Pozo 5 | 4     | Motor | 12                          | 11 3/4                 | 34.56                       | 20                          | - 0.5                                 | +0.05                | +0.3               | - 0.1          |

Fuente: Elaboración propia con información de Reporte Direccional Final

En la Tabla 5-9 se muestra el porcentaje deslizado y rotado en la sección tangente de los pozos perforados con motor de fondo.

**Tabla 5 - 9: Porcentaje deslizado/rotado en sección tangente**

| Pozo   | BHA # | Tipo  | OD del estabilizador (pulg) |                        | Distancia entre aletas (ft) | Inclinación en tangente (°) | Intervalo perforado en tangente (ft) |          |       | %     |          |
|--------|-------|-------|-----------------------------|------------------------|-----------------------------|-----------------------------|--------------------------------------|----------|-------|-------|----------|
|        |       |       | Camisa del motor            | Estabilizador Superior |                             |                             | Slide                                | Rotación | Total | Slide | Rotación |
| Pozo 2 | 3     | Motor | 12                          | 11 3/4                 | 32.46                       | 24                          | 122                                  | 2572     | 2694  | 5%    | 95%      |
| Pozo 3 | 3     | Motor | 12                          | 11 3/4                 | 32.59                       | 22                          | 88                                   | 2567     | 2655  | 3%    | 97%      |
| Pozo 4 | 3     | Motor | 12                          | 11 3/4                 | 31.52                       | 34                          | 113                                  | 2862     | 2975  | 4%    | 96%      |
| Pozo 5 | 4     | Motor | 12                          | 11 3/4                 | 34.56                       | 20                          | 33                                   | 2562     | 2595  | 1%    | 99%      |

Fuente: Elaboración propia con información de Reporte Direccional Final

El motor, en los 4 pozos perforados, se trabaja a su máximo caudal de 900 gpm y 300 psi de presión diferencial con 20-24 Klb de peso en la broca. La presión máxima alcanzada con estos parámetros es de 3,550 psi en el Pozo 2 hasta 3850 psi en el Pozo 4. Esta diferencia en las presiones, se debe principalmente al ajuste que se hace al TFA de la broca, reduciéndose desde 0.979 hasta 0.752 in<sup>2</sup>. El HSI, producto de estos ajustes, va desde 3.6 hasta 6.1 HP/in<sup>2</sup> el cual está muy por encima de lo requerido. Referencias de pozos de otros campos muestran que el HSI alrededor de 3 es bastante aceptable para perforar las arcillas de Tiyuyacu y Tena, evitando que la broca se embole. Por lo tanto, perforar con HSI alrededor de 3 permite tener mayor margen para aplicar más presión diferencial al motor y por ende mayor peso en la broca lo que se traduce en mayor ROP. La presión diferencial aplicada a este tipo de motores, dicho sea de paso, está limitada a 300 psi debido al elastómero HN234 usado en el estator del motor. Con el uso de elastómero NBR-HR, al igual que el caso de motores en la sección de 16", en este tipo de motores de 4 etapas se puede aplicar hasta 400 psi de presión diferencial (100 psi por etapa para este tipo elastómero NBR-HR).

Los últimos tres pozos, se perfora con la herramienta sistema rotatorio (RSS por sus siglas en inglés) con el fin de aprovechar su mayor rango de trabajo en cuanto a caudal (hasta 1,200 gpm) así como la baja caída de presión que se tiene con esta herramienta (aproximadamente 50 psi) comparada con el motor de fondo que es mucho mayor (aproximadamente 1,000 psi). La ventaja de esta herramienta es que no es necesario deslizar para hacer correcciones como es el caso en BHA's con motor de fondo, por el contrario, todo el trabajo direccional es realizado por la parte electrónica de la herramienta siguiendo instrucciones enviadas desde superficie a través de comandos y siempre perforando en modo rotación. Con estos cambios, RSS en lugar de motor de fondo, los nuevos parámetros para perforar esta sección son 1,050 gpm, 40-48 Klb de peso en la broca, 140 RPM y HSI de 3 HP/in<sup>2</sup>, parámetros que ayudan a mejorar el ROP en esta sección.



En la Tabla 5-10 se muestra la hidráulica empleada para los BHA's con motores de fondo y Sistema Rotatorio en la sección de 12 ¼", y en la Tabla 5-11 los parámetros usados con el ROP obtenido.

**Tabla 5 - 10: Hidráulica a TD de la sección de 12 ¼"**

| Pozo   | BHA # | Broca |            |       | Motor / RSS | Hidráulica @ TD |       |          |                                    |                                      |              |                           | TD (ft) |
|--------|-------|-------|------------|-------|-------------|-----------------|-------|----------|------------------------------------|--------------------------------------|--------------|---------------------------|---------|
|        |       | IADC  | Jets       | TFA   |             | Caudal (gpm)    |       | MW (ppg) | Caída de presión en la broca (psi) | Potencia hidráulica en la broca (HP) | HSI (HP/in2) | Stand Pipe Pressure (psi) |         |
|        |       |       |            |       |             | Superficie      | Broca |          |                                    |                                      |              |                           |         |
| Pozo 2 | 3     | M323  | 3x12, 5x13 | 0.979 | Motor       | 900             | 873   | 10.4     | 762                                | 388                                  | 3.29         | 3550                      | 6502    |
| Pozo 3 | 3     | M224  | 5x15       | 0.863 | Motor       | 900             | 873   | 10.4     | 980                                | 499                                  | 4.24         | 3500                      | 6415    |
| Pozo 4 | 3     | M224  | 5x14       | 0.752 | Motor       | 900             | 873   | 10.3     | 1278                               | 651                                  | 5.52         | 3650                      | 6935    |
| Pozo 5 | 4     | M224  | 5x14       | 0.752 | Motor       | 900             | 873   | 10.4     | 1291                               | 657                                  | 5.58         | 3850                      | 6330    |
| Pozo 6 | 4     | M323  | 8x14       | 1.203 | RSS         | 1070            | 1038  | 10.4     | 713                                | 432                                  | 3.66         | 3200                      | 6825    |
| Pozo 7 | 5 & 7 | M323  | 8x14       | 1.203 | RSS         | 1050            | 1019  | 10.2     | 673                                | 400                                  | 3.39         | 2800                      | 6348    |
| Pozo 8 | 4 & 5 | M323  | 8x14       | 1.203 | RSS         | 1050            | 1019  | 10.6     | 700                                | 416                                  | 3.53         | 3300                      | 7682    |

Fuente: Elaboración propia con información de Reporte Direccional Final

**Tabla 5 - 11: Parámetros y ROP para BHA's con motor y RSS**

| Pozo   | BHA # | Motor / RSS | Parámetros @ TD |       |                           |                           |           |             |                 | ROP (ft/hr) |          |         |
|--------|-------|-------------|-----------------|-------|---------------------------|---------------------------|-----------|-------------|-----------------|-------------|----------|---------|
|        |       |             | Caudal (gpm)    |       | Stand Pipe Pressure (psi) | Presión diferencial (psi) | WOB (Klb) | RPM Tangent | Torque (Klb-ft) | Slide       | Rotación | General |
|        |       |             | Superficie      | Broca |                           |                           |           |             |                 |             |          |         |
| Pozo 2 | 3     | Motor       | 900             | 873   | 3550                      | 300                       | 24        | 90          | 20              | 46          | 138      | 126     |
| Pozo 3 | 3     | Motor       | 900             | 873   | 3500                      | 300                       | 20        | 80          | 17              | 22          | 180      | 145     |
| Pozo 4 | 3     | Motor       | 900             | 873   | 3650                      | 300                       | 20        | 70          | 22              | 25          | 191      | 153     |
| Pozo 5 | 4     | Motor       | 900             | 873   | 3850                      | 300                       | 22        | 100         | 17              | 22          | 161      | 149     |
| Pozo 6 | 4     | RSS         | 1070            | 1038  | 3200                      |                           | 36        | 140         | 25              |             | 268      | 268     |
| Pozo 7 | 5 & 7 | RSS         | 1050            | 1019  | 2800                      |                           | 48        | 140         | 23              |             | 302      | 302     |
| Pozo 8 | 4 & 5 | RSS         | 1050            | 1019  | 3300                      |                           | 40        | 130         | 29              |             | 262      | 262     |

Fuente: Elaboración propia con información de Reporte Direccional Final

#### 5.4.2.3. Perforación de la Sección de 8 1/2"

En esta sección se encuentra el objetivo principal del campo en estudio, es la Arenisca M1. El BHA típico usado en la mayoría de campos en el oriente Ecuatoriano en esta sección consta de: 8 ½" PDC Bit + 6 ¾" Motor c/ Camisa 8-1/4" + 6 ¾" *Float Sub* + 6 ¾" Pony Monel + 8 ¼" o 8 1/8" Estabilizador + 6 ¾" MWD + 6 ¾" Monel + (n)x5" HWDP + etc...El estabilizador *string* de 8 ¼" o 8 1/8" normalmente va posicionado a 40-42 ft de la camisa del motor. Todos estos BHA's con estabilización encima del motor son BHA's para mantener o construir inclinación dependiendo del desgaste en el estabilizador superior y el espaciamiento con la camisa del motor.

Este BHA perfora una variedad de formaciones como son Lutitas Napo, Arenisca M1, Caliza M1, Caliza M2, Arenisca M2, Arenisca U Superior y Arenisca U Inferior.

Al igual que las lutitas de Orteguzaza, en la sección de 12 ¼”, las lutitas de Napo y las presentes entre las Calizas M1 y M2 se lavan fácilmente aun perforando a bajo caudal (350 gpm) llevando a que el BHA presente comportamiento de péndulo a pesar que su configuración sea para mantener o levantar inclinación.

En el primer pozo direccional en este campo, Pozo 2, se usa BHA *fulcrum* con un estabilizador *string* de 8 1/8” detrás del motor con el propósito de contrarrestar la tendencia a tumbar inclinación como se ha observado en otros campos. Al perforar con esta configuración de BHA, se observa la misma tendencia obtenida en otros campos del oriente Ecuatoriano. Esta tumba 2.8°/100ft en las lutitas, 0.6°-0.9°/100 ft en las calizas y 0.6°-1.9°/100 ft en las Areniscas M1 y M2, y por el contrario, levanta a 0.3°/100 ft en las Areniscas U Superior e Inferior. En general, en toda esta sección, se pierde 12° en 842 ft el cual representa una tasa de caída de 1.4°/100 ft en promedio.

Por lo anteriormente observado, para los siguientes pozos, se decide retirar el estabilizador *string* detrás del motor convirtiendo al BHA en un BHA *fulcrum* más agresivo con el propósito de contrarrestar o frenar la tendencia natural a tumbar inclinación. Los resultados indican que la tendencia a perder inclinación se mantiene en las lutitas y calizas principalmente, a diferencia en las arenas donde la tendencia es a mantener o levantar inclinación ligeramente.

Así mismo, en vista de esta tendencia presentada en el Pozo 2, los siguientes pozos direccionales se planifican contemplando una tasa de pérdida de inclinación aún mayor de 1.5°-2.0°/100 ft - desde las lutitas de Napo hasta la Arenisca M2 - en lugar de 1°/100 ft como era el plan inicial.

En la Tabla 5-12 se muestra las tendencias en modo rotación en las diferentes formaciones encontradas en los 7 pozos perforados.

**Tabla 5 - 12: Tendencias en modo rotación**

| Pozo   | BHA # | OD del estabilizador (pulg) |                        | Distancia entre Aletas (ft) | Respuesta en modo rotación (°/100 ft) |             |           |           |             |            |          | Inclinación (°) |       | Intervalo (ft) | Tasa promedio de pérdida de inclinación (°/100 ft) |
|--------|-------|-----------------------------|------------------------|-----------------------------|---------------------------------------|-------------|-----------|-----------|-------------|------------|----------|-----------------|-------|----------------|--|
|        |       | Camisa del motor            | Estabilizador superior |                             | Lutitas                               | Arenisca M1 | Caliza M1 | Caliza M2 | Arenisca M2 | Arenisca U |          | Inicial         | Final |                |  |
|        |       |                             |                        |                             |                                       |             |           |           |             | Superior   | Inferior |                 |       |                |  |
| Pozo 2 | 7     | 8 1/4                       | 8 1/8                  | 42.17                       | -2.8                                  | -1.9        | -0.5      | -0.9      | -0.6        | 0.3        | 0.3      | 23.35           | 11.35 | 842.52         | -1.4   |
| Pozo 3 | 5     | 8 1/4                       | Liso                   |                             | -2.3                                  | 0.2         | -1.0      | -0.2      | -0.7        | -0.7       | -0.7     | 23.65           | 14.63 | 840.33         | -1.1   |
| Pozo 4 | 4     | 8 1/4                       | Liso                   |                             | -2.3                                  | 0.2         | -2.0      | -0.9      | -0.6        | -0.3       | 0.8      | 35.28           | 24.33 | 943.62         | -1.2   |
| Pozo 5 | 5     | 8 1/4                       | Liso                   |                             | -2.1                                  | 0.1         | -1.3      | -0.4      | -0.4        | 0.0        | 0.0      | 19.85           | 11.41 | 789.06         | -1.1   |
| Pozo 6 | 5     | 8 1/4                       | Liso                   |                             | -3.6                                  | 0.5         | -1.7      | -0.7      | -0.2        | 0.6        | 1.2      | 32.11           | 20.52 | 938.51         | -1.2   |
| Pozo 7 | 8     | 8 1/4                       | Liso                   |                             | -2.4                                  | -1.1        | -1.1      | -0.5      | -0.3        | 0.3        | 1.0      | 20.81           | 12.34 | 855.54         | -1.0   |
| Pozo 8 | 6     | 8 1/4                       | Liso                   |                             | -1.7                                  | 1.0         | -1.4      | -0.7      | 0.0         | 0.2        | 1.2      | 45.24           | 37.5  | 1071.32        | -0.7   |

Fuente: Elaboración propia con información de Reporte Direccional Final

En esta sección se perfora con motor de fondo de configuración 7:8 y 5 etapas con elastómero HN234 el cual permite  $5 \times 75 = 375$  psi de presión diferencial a aplicarse. Teniendo en cuenta la tendencia a perder inclinación en esta sección, se planifica rotar toda la sección hasta TD del pozo. En el Pozo 3, a pesar de tener asegurado el objetivo, se procedió a hacer trabajo direccional a solicitud del departamento de Geología para frenar la fuerte tendencia a perder inclinación. La tabla 5-13 muestra los pies deslizados y rotados así como el ROP obtenido.

**Tabla 5 - 13: Parámetros y ROP**

| Pozo   | BHA # | Parámetros a TD |                                   |           |     |                 | Intervalo (ft) |          |         | ROP (ft/hr) |          |         | %     |          |
|--------|-------|-----------------|-----------------------------------|-----------|-----|-----------------|----------------|----------|---------|-------------|----------|---------|-------|----------|
|        |       | Caudal          | Presión Diferencial Rotando (psi) | WOB (Klb) | RPM | Torque (Klb-ft) | Slide          | Rotación | General | Slide       | Rotación | General | Slide | Rotación |
| Pozo 2 | 7     | 380             | 370                               | 18        | 50  | 17              | 0              | 791      | 791     | 0           | 84       | 84      | 0%    | 100%     |
| Pozo 3 | 5     | 380             | 350                               | 16        | 80  | 15              | 21             | 736      | 757     | 14          | 92       | 80      | 3%    | 97%      |
| Pozo 4 | 4     | 380             | 350                               | 22        | 80  | 24              | 0              | 1039     | 1039    | 0           | 96       | 96      | 0%    | 100%     |
| Pozo 5 | 5     | 400             | 370                               | 22        | 80  | 15              | 0              | 858      | 858     | 0           | 79       | 79      | 0%    | 100%     |
| Pozo 6 | 5     | 380             | 350                               | 23        | 80  | 19              | 0              | 1005     | 1005    | 0           | 107      | 107     | 0%    | 100%     |
| Pozo 7 | 8     | 380             | 400                               | 25        | 100 | 14              | 0              | 920      | 920     | 0           | 99       | 99      | 0%    | 100%     |
| Pozo 8 | 6     | 380             | 400                               | 30        | 100 | 25              | 0              | 1138     | 1138    | 0           | 83       | 83      | 0%    | 100%     |

Fuente: Elaboración propia con información de Reporte Direccional Final

En cuanto a la hidráulica aplicada a esta sección, el objetivo es mantener un HSI alrededor de 1 para no lavar no sólo las lutitas sino también las zonas productivas. En la Tabla 5-14 se muestra el HSI para cada uno de los pozos perforados en el campo.

**Tabla 5 - 14: Hidráulica a TD de la sección 8 ½"**

| Pozo   | BHA # | Broca |            |       | Hidráulica @ TD |       |          |                                    |                                      |                           |                     |
|--------|-------|-------|------------|-------|-----------------|-------|----------|------------------------------------|--------------------------------------|---------------------------|---------------------|
|        |       |       |            |       | Caudal (gpm)    |       | MW (ppg) | Caída de presión en la broca (psi) | Potencia hidráulica en la broca (HP) | HSI (HP/in <sup>2</sup> ) | Stand Pipe Pressure |
|        |       | IADC  | Jets       | TFA   | Superficie      | Broca |          |                                    |                                      |                           |                     |
| Pozo 2 | 7     | M322  | 6x12       | 0.663 | 380             | 369   | 10.0     | 285                                | 61                                   | 1.08                      | 1700                |
| Pozo 3 | 5     | M322  | 6x12       | 0.663 | 380             | 369   | 9.6      | 273                                | 59                                   | 1.04                      | 1450                |
| Pozo 4 | 4     | M322  | 6x12       | 0.663 | 380             | 369   | 10.0     | 285                                | 61                                   | 1.08                      | 1750                |
| Pozo 5 | 5     | M322  | 6x12       | 0.663 | 400             | 388   | 9.9      | 312                                | 71                                   | 1.25                      | 1850                |
| Pozo 6 | 5     | M322  | 6x12       | 0.663 | 380             | 369   | 9.9      | 282                                | 61                                   | 1.07                      | 1700                |
| Pozo 7 | 8     | M322  | 6x12       | 0.663 | 380             | 369   | 9.8      | 279                                | 60                                   | 1.06                      | 1850                |
| Pozo 8 | 6     | M322  | 3x11, 3x12 | 0.610 | 380             | 369   | 10.0     | 336                                | 72                                   | 1.27                      | 1950                |

Fuente: Elaboración propia con información de Reporte Direccional Final

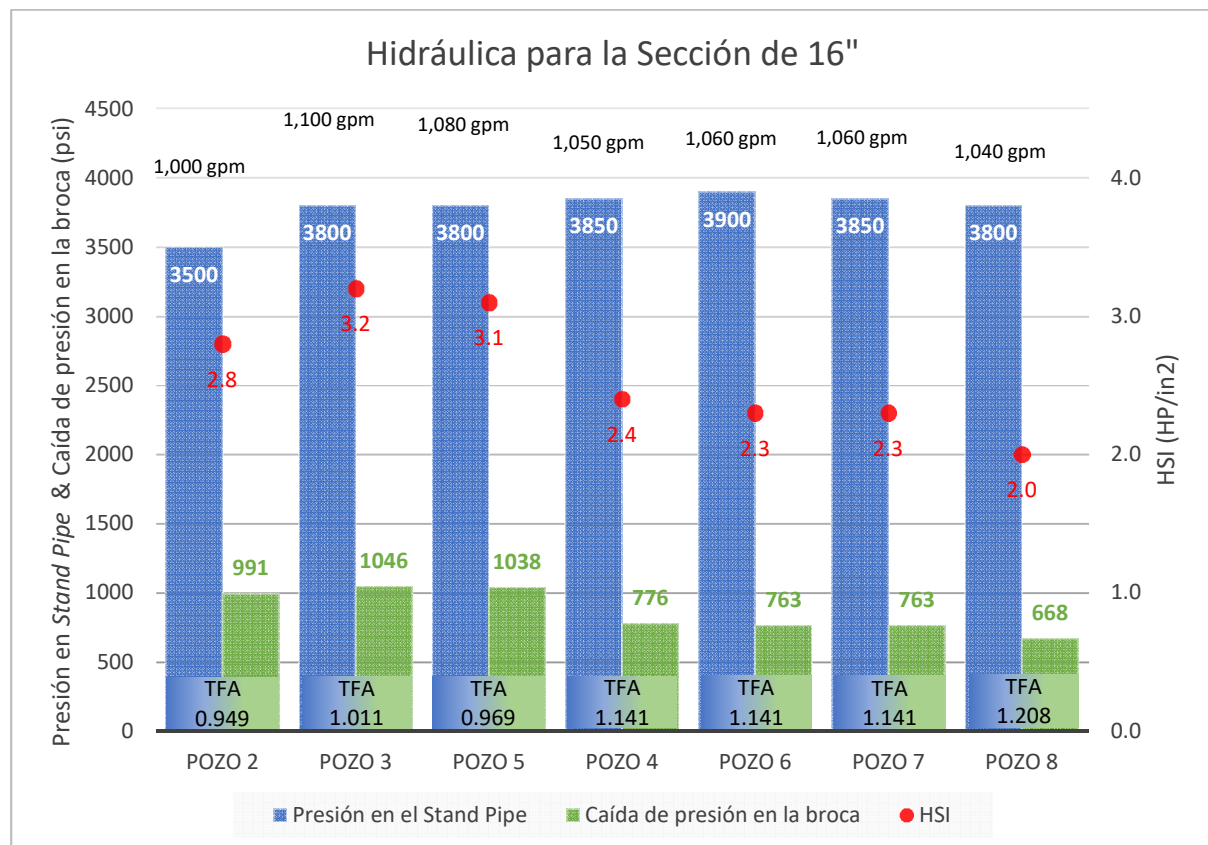
## 5.5. Resultados de las Optimizaciones y Propuestas de BHA's

Los resultados de la optimización, tanto de las sartas de perforación como los parámetros e hidráulica a usar, se ven reflejados en la disminución del tiempo de perforación de un pozo. A continuación, se muestra los resultados del ROP para las secciones de 16" y 12 ¼" principalmente ya que en la sección de 8 ½", por encontrarse la zona productiva, el interés más que obtener un mejor ROP era perforar la sección sin causar ningún daño a las arenas productivas.

### 5.5.1. ROP's

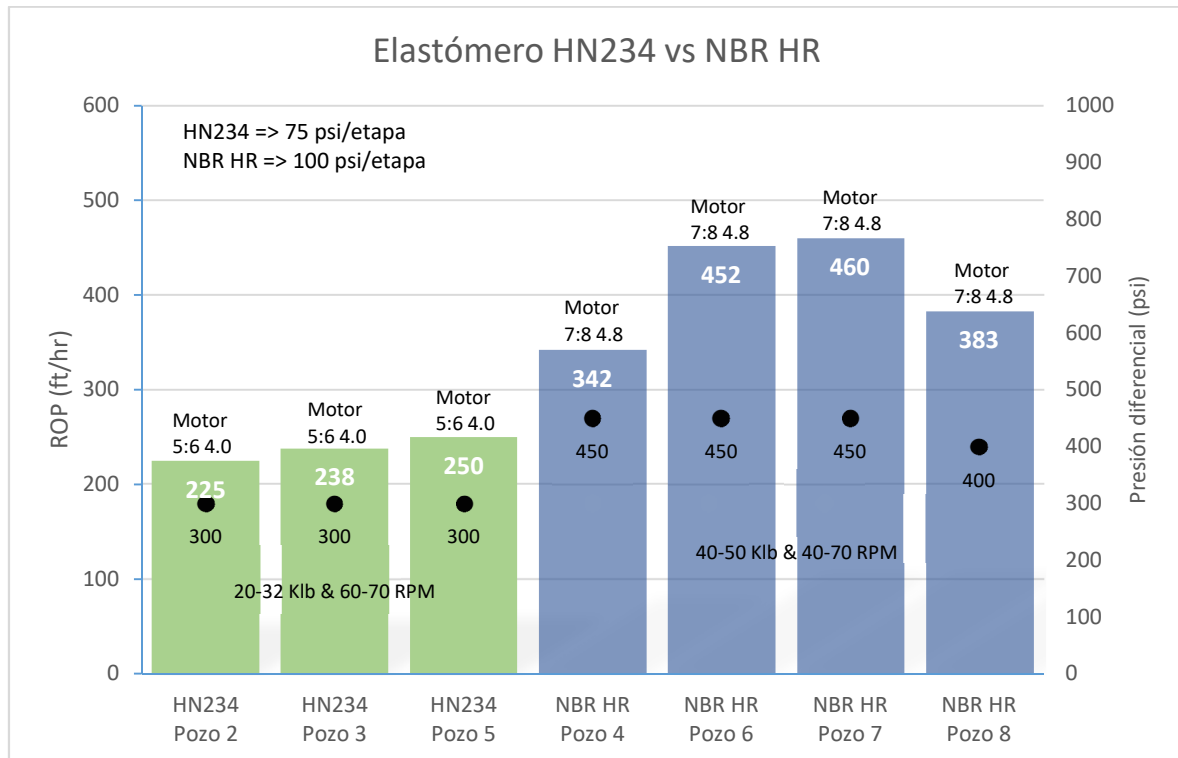
#### 5.5.1.1. Sección de 16"

Se amplía el TFA de la broca con el fin de tener menor caída de presión en ella – sin descuidar el HSI – y obtener mayor margen tanto para el caudal como para la presión diferencial a aplicar (Figura 5-13).



**Figura 5 - 13: Hidráulica modificada para la sección de 16"**  
Fuente: Elaboración propia con información de Reporte Direccional Final

Se cambia el motor 5:6 4.0 con elastómero HN234 por motor 7:8 4.8 y elastómero NBR HR lo que permite en resumen aplicar mayor presión diferencial, es decir, mayor peso en la broca lo que se traduce en mayor ROP.



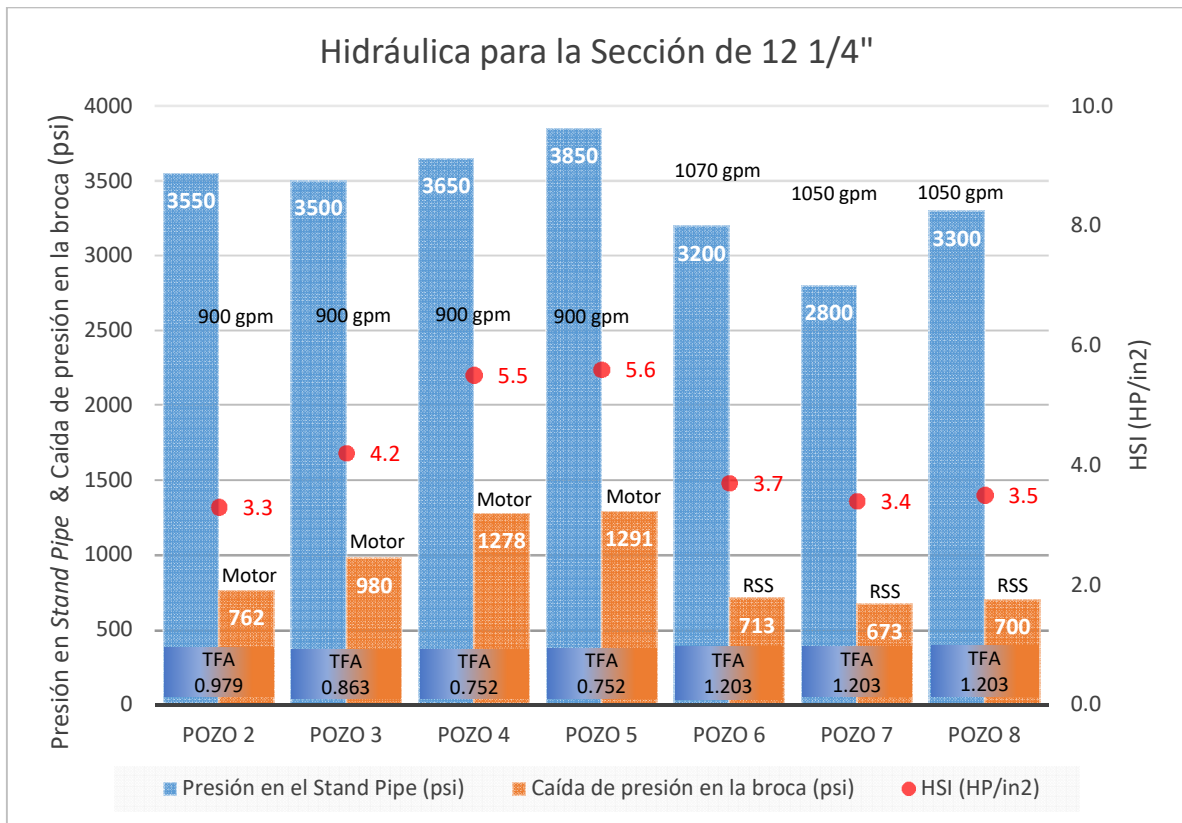
**Figura 5 - 14: Elastómero HN234 vs NBR HR**

Fuente: Elaboración propia con información de Reporte Direccional Final

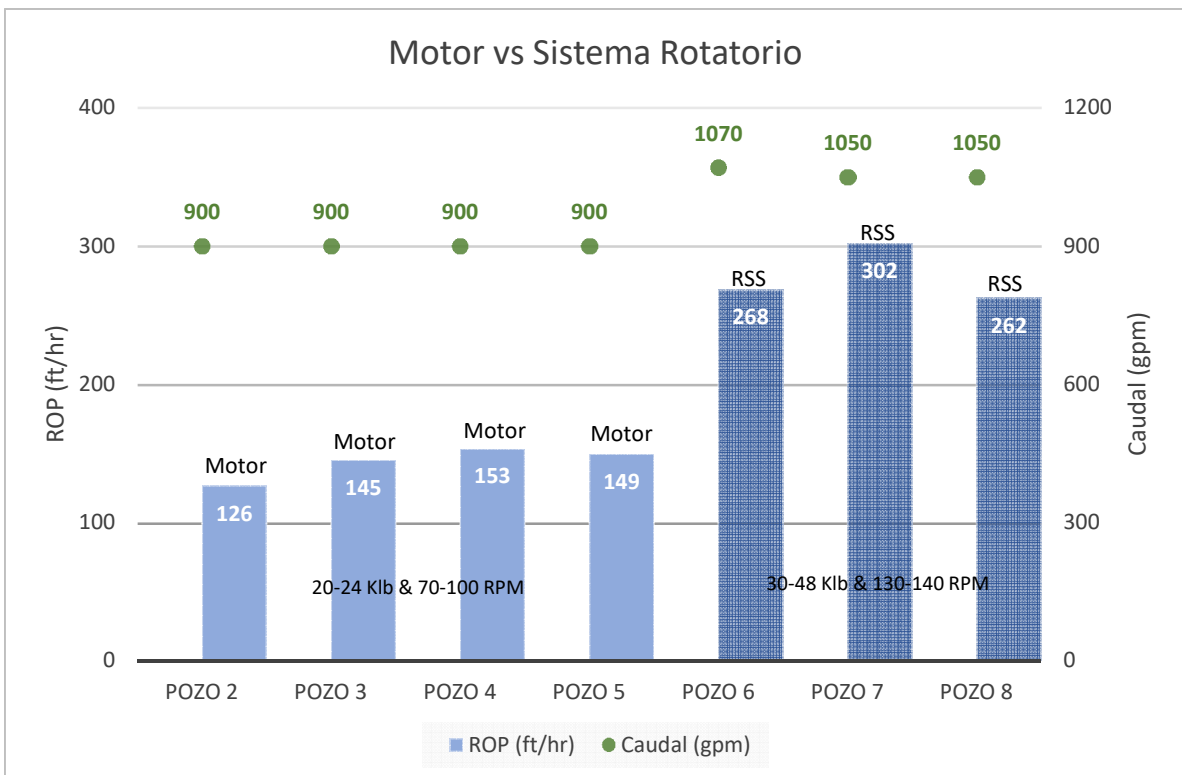
### 5.5.1.2. Sección de 12 1/4"

El TFA con motor de fondo es bastante cerrado obteniendo HSI hasta de 5.5 con el máximo caudal permitido por el motor de 900 gpm. Se trabaja con 300 psi de presión diferencial del motor de fondo y cerca al límite de la presión de trabajo de las bombas. Al pasar al del Sistema Rotatorio, se amplía el TFA de tal manera de obtener HSI alrededor de 3 y permitir bombear hasta 1050 gpm el cual ayuda con la limpieza del hoyo y - unido tanto al peso en la broca como las RPM - mejora notable en el ROP (Figura 5-15 & Figura 5-16).





**Figura 5 - 15: Hidráulica para la Sección de 12 1/4"**  
 Fuente: Elaboración propia con información de Reporte Direccional Final



**Figura 5 - 16: Motor Vs Sistema Rotatorio**  
 Fuente: Elaboración propia con información de Reporte Direccional Final

### 5.5.1.3. Sección de 8 1/2"

En esta sección, el interés – más que obtener un buen ROP – se enfoca en perforar sin causar daño alguno a las arenas productivas. El único cambio realizado en esta sección, con el fin de frenar o suavizar la tendencia a perder inclinación, es el uso de un BHA *fulcrum* agresivo con sólo la camisa del motor estabilizado a 8 1/4". La tendencia en las lutitas a perder inclinación no se puede evitar, sin embargo, en las arenas – en especial en la Arenisca M1 – se consigue mantener o ligeramente a subir la inclinación lo que ayuda a mantenerse en la trayectoria del plan. Así mismo, la tendencia a perder inclinación en las lutitas no se puede evitar. A continuación la Figura 5-17 y Figura 5-18 muestran la trayectoria de los Pozos 2 & 3. El primero, con estabilización encima del motor y tasa de caída de inclinación planificada de 1°/100ft; y el segundo, sin estabilización encima del motor y tasa de caída de inclinación planificada de 1.5°/100ft.

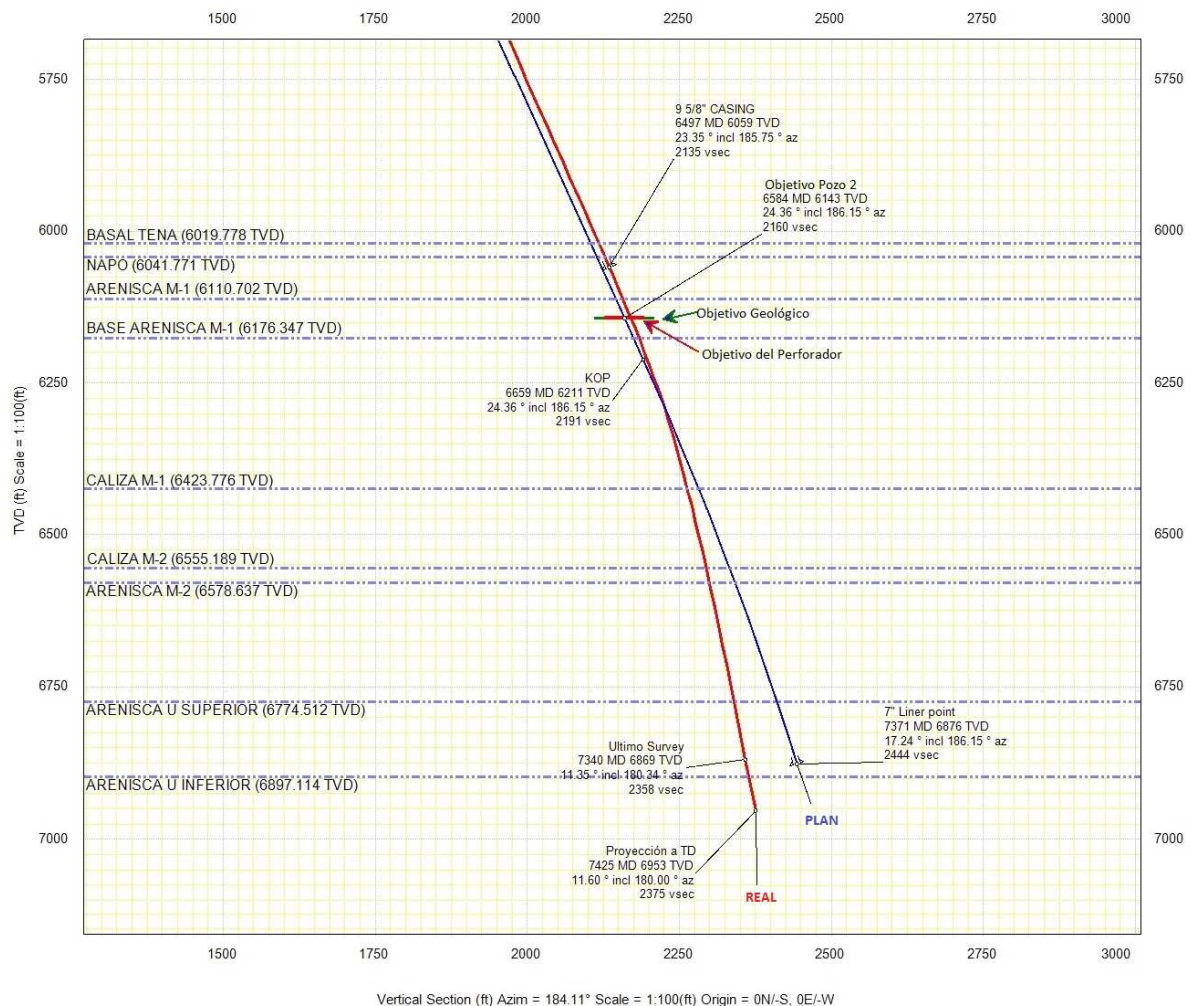
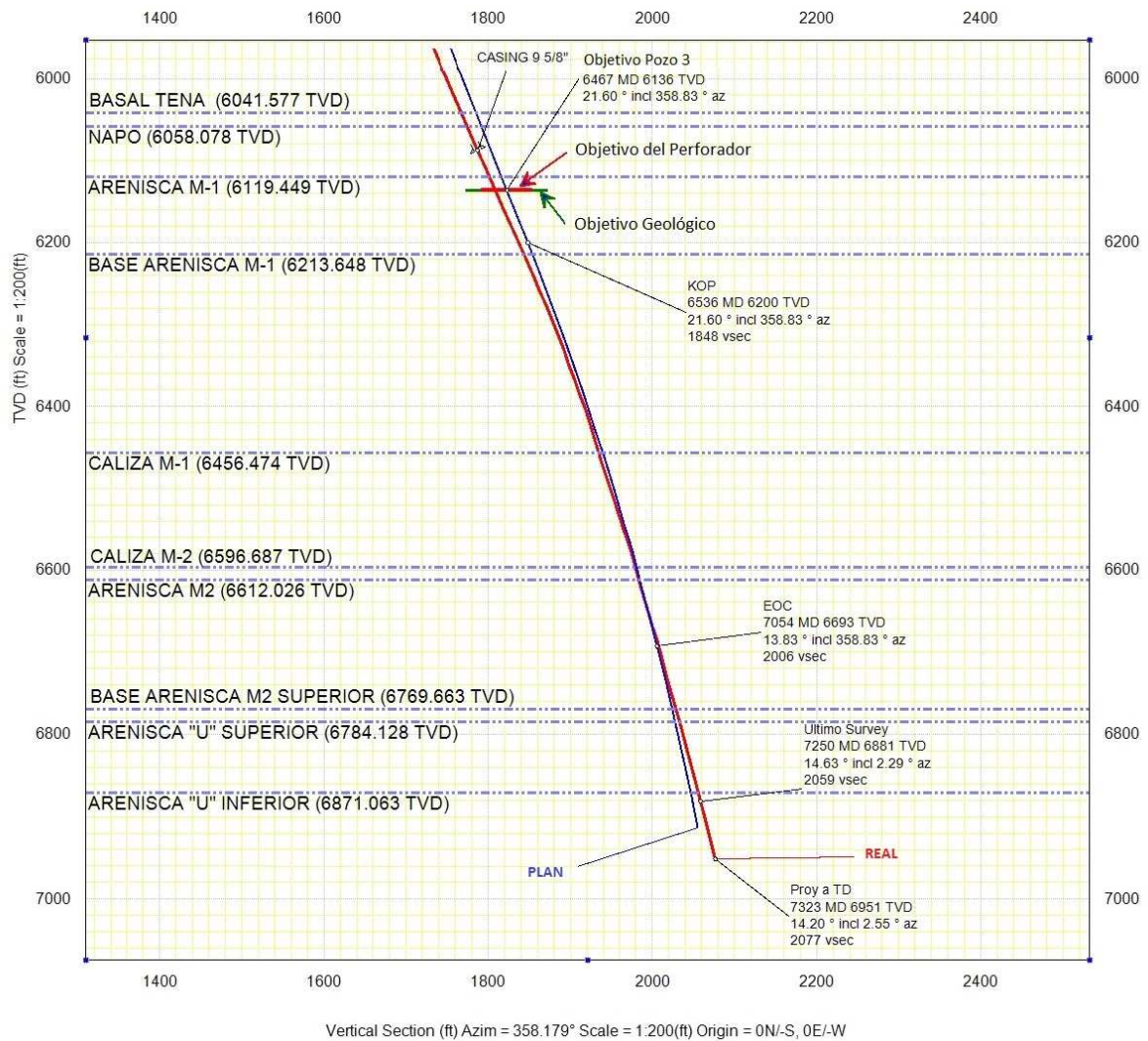


Figura 5 - 17: Trayectoria Pozo 2 con 1°/100 ft Drop off

Fuente: Reporte Direccional Final

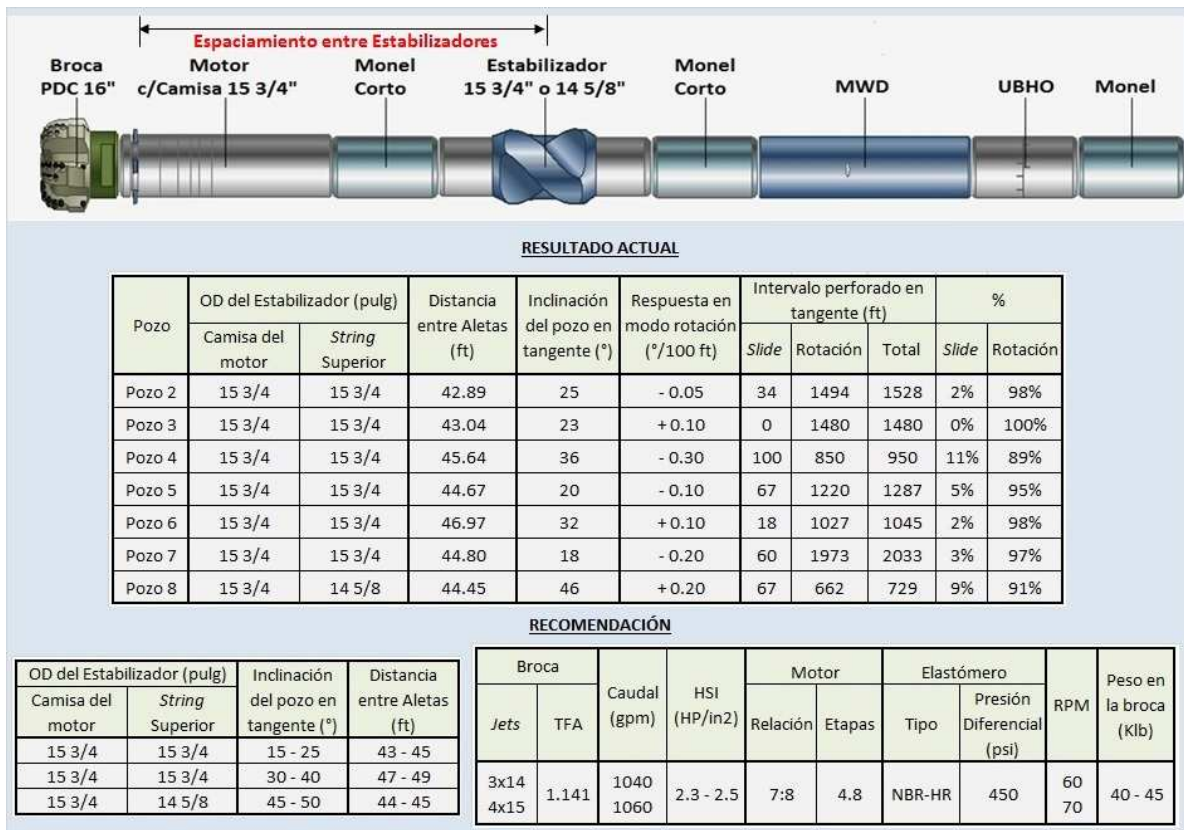


**Figura 5 - 18: Trayectoria Pozo 3 con 1.5°/100 ft Drop off**  
Fuente: Reporte Direccional Final

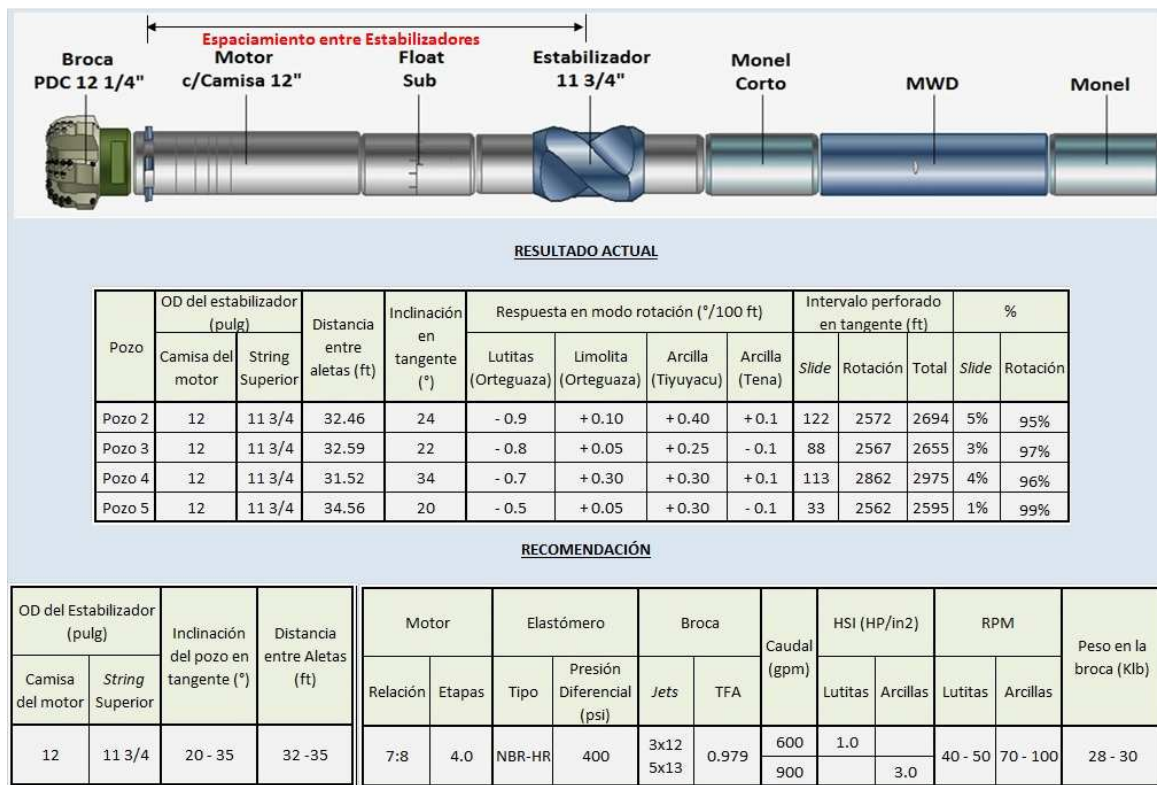
### 5.5.2. BHA's Propuestos, Hidráulica & Parámetros de Perforación

Basado en los resultados obtenidos en los 7 pozos perforados, a continuación las propuestas de BHA's así como la hidráulica, tipo de motor, elastómero y parámetros para perforar pozos direccionales adicionales en la siguiente campaña en el campo en estudio.





**Figura 5 - 19: Propuesta de BHA & Parámetros Sección 16"**  
Fuente: Elaboración propia con información de Reporte Direccional Final

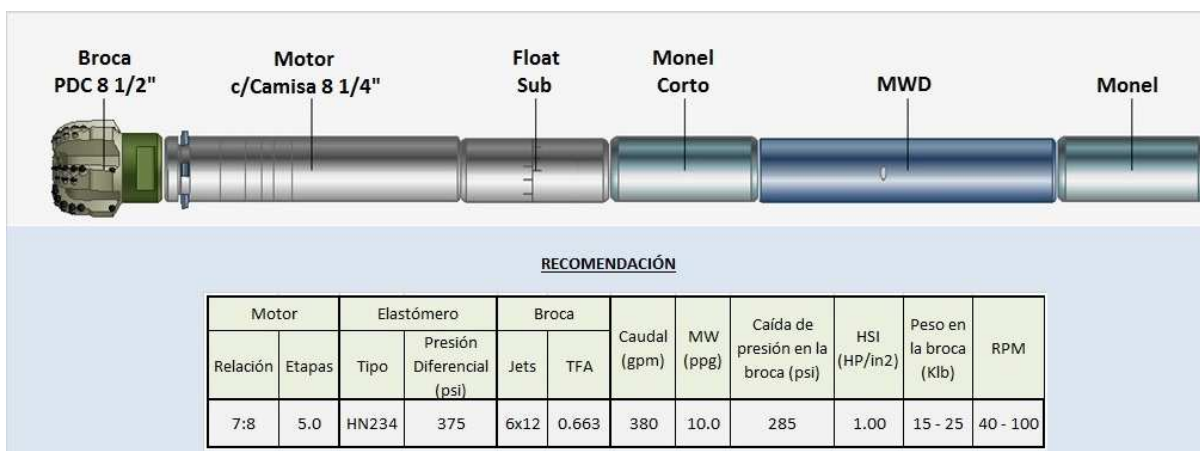


**Figura 5 - 20: Propuesta de BHA con Motor & Parámetros Sección 12 1/4"**  
Fuente: Elaboración propia con información de Reporte Direccional Final



**Figura 5 - 21: Propuesta de BHA con RSS & Parámetros Sección 12 1/4"**

Fuente: Elaboración propia con información de Reporte Direccional Final



**Figura 5 - 22: Propuesta de BHA & Parámetros Sección 8 1/2"**

Fuente: Elaboración propia con información de Reporte Direccional Final

## **CAPÍTULO VI.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

### **6.1. Conclusiones**

1. El cambio de tecnología de última generación a tecnología básica y diseños de sartas de perforación simple, en la perforación de un pozo direccional, no necesariamente garantiza la reducción de los gastos operacionales si no se identifica y establece un plan de mitigación de los riesgos asociados con estos cambios que a la larga pueden encarecer los costos operacionales.
2. A pesar del uso de softwares sofisticados y estricto control de calidad en el diseño de las sartas de perforación direccional, es importante tener presente que el comportamiento y/o desempeño de estas sartas obtenido en un área determinada no será la misma que en otra ya que depende directamente del tipo de litología a perforar, profundidad, así como la inclinación del pozo y dirección en la que se perfora.
3. La recopilación, almacenamiento y gerenciamiento del historial de las sartas de perforación direccional de las diferentes secciones de los pozos de una plataforma en particular son de suma importancia para el diseño eficiente de futuras sartas de perforación direccional en la misma plataforma.
4. La tecnología del sistema rotatorio navegable (RSS por sus siglas en inglés) facilitan la perforación de pozos direccionales permitiendo la rotación continua de la sarta de perforación mientras dirige la broca de acuerdo al plan direccional, consiguiendo una mejor tasa de penetración en comparación con las sartas de perforación convencionales con motor de fondo.
5. La participación de manera activa del personal de los diferentes segmentos en la ejecución del programa de perforación direccional es esencial en la identificación oportuna de situaciones que pueden comprometer la integridad del pozo.

## 6.2. Recomendaciones

1. Las bombas de lodo, debido a las altas exigencias de bombeo de caudal, están expuestas a fallas debido a la alta presión de trabajo que supera el límite establecido por el fabricante. Se recomienda, en base a resultados de pozos previos, analizar en profundidad los cálculos de hidráulica y llegar al caudal óptimo para la planificación de pozos futuros en la plataforma sin comprometer la integridad de las bombas de lodo, limpieza del pozo ni funcionamiento de las herramientas direccionales.
2. El caudal es uno de los parámetros esenciales para la perforación de un pozo, además de ser un medio para acarrear los recortes del fondo del pozo, provee la energía hidráulica tanto al motor de fondo como al sistema rotatorio navegable para que estas cumplan su función para la cual fueron diseñadas. Se recomienda mantener y monitorear el caudal dentro del rango establecido tanto por el programa de fluido de perforación como por el programa direccional. Un inadecuado manejo del caudal puede llevar a un desempeño ineficiente del motor de fondo o sistema rotatorio navegable, ineficiente limpieza del pozo comprometiendo la ejecución de la perforación.
3. Las sargas de perforación direccional con motor de fondo, diseñadas para perforar secciones tangentes en modo rotación, suponen mantener la inclinación a lo largo de su trayectoria. Sin embargo, la respuesta de esta configuración de sarga de perforación depende en gran medida de la litología a perforar, inclinación del pozo y parámetros de perforación establecidos. Se recomienda aplicar los óptimos parámetros de perforación como caudal, peso en la broca y rpm para cada litología de manera oportuna de acuerdo al historial de respuesta de las sargas de perforación de pozos vecinos perforados en la plataforma. Parámetros de perforación aplicados a la litología incorrecta pueden empeorar las respuestas esperadas de la sarga de perforación direccional, o aún peor dañar la broca llevando a un viaje no planificado a superficie para su reemplazo.
4. Perforar zonas productivas involucra riesgo de atascamiento de tubería cuando esta se encuentre estática. Se recomienda, en caso se perfore con sarga de perforación direccional con motor de fondo, planificar la trayectoria del pozo de acuerdo a la tendencia observada en pozos vecinos de tal manera que se perfore toda la trayectoria rotando y no deslizando con el fin de mitigar riesgos de pega de tubería.

## CAPÍTULO VII.- BIBLIOGRAFÍA

- America West Drilling Supply. (2016). *America West Drilling Supply*. Recuperado el 28 de Junio de 2016, de Drill Subs:  
<http://www.americawestdrillingsupply.com/DrillSubs/drillSubs2.asp>
- Araujo, A. (7 de Marzo de 2016). *El Comercio Ecuador*. Recuperado el 7 de Junio de 2016, de Taladros Operacion Baja Petroleo Ecuador:  
<http://www.elcomercio.com/actualidad/taladros-operacion-baja-petroleo-ecuador.html>
- Baker Hughes Inteq. (1995). *Drilling Engineering Workbook*.
- Bestar. (2016). *Bestar Steel Co., LTD*. Recuperado el 4 de Julio de 2016, de HW Drill Pipe/Drill Collar: [http://www.apicasing.com/HW\\_Drill\\_Pipe\\_Drill\\_Collar.html](http://www.apicasing.com/HW_Drill_Pipe_Drill_Collar.html)
- BOTTA Equipment. (2016). *BOTTA Equipment*. Recuperado el 12 de Julio de 2016, de Float Valve Sub: <http://www.botta-equipment.com/content/catalog/float-valve-sub>
- Bourgoyne Jr, A. T., Miliheim, K. K., Chenevert, M. E., & Young Jr, F. (s.f.). Directional Drilling & Deviation Control. En *Applied Drilling Engineering* (pág. 353). Society of Petroleum Engineers.
- Buchanan, A., Finn, C. A., Love, J. J., Worthington, E. W., Lawson, F., Maus, S., . . . Poedjono, B. (2013). Geomagnetic Referencing - The Real-Time Compass for Directional Drillers. *Oilfield Review*, 1.
- Farah, F. O. (2013). ⚡ Directional Well Design, Trajectory and Survey Calculations, with Case Study in Fiale, Asal, Rift, Djibouti.
- J.J, A., & G. Robello, S. (2007). *Directional and Horizontal Well Drilling*. Tulsa: PennWell.
- Netwas Group Oil. (2016). *Netwas Group Oil*. Recuperado el 20 de Agosto de 2016, de Jetting: <http://www.netwasgroup.us/services-2/jetting.html>
- Petroecuador. (2016). *Petroecuador*. Recuperado el 09 de Septiembre de 2016, de Mapa Catastral: <http://www.eppetroecuador.ec/wp-content/uploads/downloads/2015/03/Mapa-Catastral.jpg>
- Petroleum Engineering Handbook Vol II. (s.f.). *Drilling Engineering*. (L. W. Lake, Ed.)
- Rabia, H. (s.f.). *Well Engineering & Construction*.
- Reátegui, J. (28 de Abril de 2015). *Academia*. Recuperado el 10 de Septiembre de 2016, de <https://www.academia.edu/17965740/COLUMNA ESTRATIGRAFICA ORIENTE ECUATORIANO>
- Schlumberger. (1997). *Directional Drilling Training Manual*.

Schlumberger. (2016). *Schlumberger*. Recuperado el 4 de Julio de 2016, de Telescope:  
<http://www.slb.com/~media/Files/drilling/brochures/lwd/scope/telescope.pdf>

Schlumberger. (2016). *Schlumberger*. Recuperado el 08 de Septiembre de 2016, de  
PowerDrive Xceed:  
[http://www.slb.com/~media/Files/drilling/brochures/directional\\_drilling/powerdrive\\_xceed\\_sp\\_br.pdf](http://www.slb.com/~media/Files/drilling/brochures/directional_drilling/powerdrive_xceed_sp_br.pdf)

WiperTrip Drilling and Well Engineering Resources. (2016). *WiperTrip.com Drilling and Well Engineering Resources*. Recuperado el 26 de Junio de 2016, de Magnetic Single Shot: <http://www.wipertrip.com/surveying/magnetic-survey/437-magnetic-single-shots.html>

## CAPÍTULO VIII.- ANEXOS

### 8.1. BHA's Sección 16''

| Nombre de Pozo                     |                                     | Pozo 3              |             | BHA #                 |  | 2                   |            | Profundidad de Entrada |                     | 411              |  |
|------------------------------------|-------------------------------------|---------------------|-------------|-----------------------|--|---------------------|------------|------------------------|---------------------|------------------|--|
| Sección (pulg)                     |                                     | 16                  |             | Profundidad de Salida |  |                     |            |                        |                     | 3780             |  |
| #                                  | Descripción                         | OD (pulg)           | ID (pulg)   | Max OD (pulg)         | Conexión                                 | Cuello de Pesca     |            | Longitud (ft)          | Longitud acum. (ft) | Peso acum. (Kib) |  |
|                                    |                                     |                     |             |                       |  | OD (pulg)           | Long. (ft) |                        |                     |                  |  |
| 1                                  | Broca PDC de 16"                    | 9                   | 3 3/4       | 16                    | 7 5/8 Reg P                              |                     |            | 1.40                   | 1.40                | 0.5              |  |
| 2                                  | Motor 5 6 4 0 con camisa de 15-3/4" | 9 5/8               | 7 22/25     | 15 3/4                | 7 5/8 Reg B x 6 5/8 Reg B                | 9 5/8               | 3.65       | 32.48                  | 33.88               | 7.0              |  |
| 3                                  | Monel Corto                         | 8 1/4               | 2 27/32     |                       | 6 5/8 Reg P x 6 5/8 Reg B                |                     |            | 11.19                  | 45.07               | 8.8              |  |
| 4                                  | Estabilizador 15 3/4"               | 8 3/8               | 3 3/16      | 15 3/4                | 6 5/8 Reg P x 6 5/8 Reg B                | 7 15/16             | 1.92       | 5.19                   | 50.26               | 9.7              |  |
| 5                                  | Monel Corto                         | 8 1/4               | 2 29/32     |                       | 6 5/8 Reg P x 6 5/8 Reg B                |                     |            | 6.26                   | 56.52               | 10.7             |  |
| 6                                  | MWD                                 | 8 1/4               | 5 9/10      |                       | 6 5/8 Reg P x 6 5/8 Reg B                | 8 3/32              | 1.48       | 28.10                  | 84.62               | 14.2             |  |
| 7                                  | UBHO                                | 8 1/16              | 2 15/16     |                       | 6 5/8 Reg P x 6 5/8 Reg B                |                     |            | 2.30                   | 86.92               | 14.5             |  |
| 8                                  | Monel                               | 7 31/32             | 3 1/4       |                       | 6 5/8 Reg P x 6 5/8 Reg B                |                     |            | 30.33                  | 117.25              | 18.8             |  |
| 9                                  | 2 x 8" Drill Collar                 | 8                   | 3           |                       | 6 5/8 Reg P x 6 5/8 Reg B                |                     |            | 60.69                  | 177.94              | 27.7             |  |
| 10                                 | Crossover                           | 8                   | 2 13/16     |                       | 6 5/8 Reg P x 4 1/2 IF B                 |                     |            | 3.58                   | 181.52              | 28.2             |  |
| 11                                 | 30 x 5" HWDP                        | 5                   | 3           | 6 1/2                 | 4 1/2 IF P x 4 1/2 IF B                  |                     |            | 920.38                 | 1101.90             | 74.6             |  |
| 12                                 | Martillo Hidráulico                 | 6 1/2               | 2 7/8       |                       | 4 1/2 IF P x 4 1/2 IF B                  | 6 1/2               | 0.90       | 32.30                  | 1134.20             | 76.8             |  |
| 13                                 | 9 x 5" HWDP                         | 5                   | 3           | 6 1/2                 | 4 1/2 IF P x 4 1/2 IF B                  |                     |            | 275.27                 | 1409.47             | 90.7             |  |
| 14                                 | Crossover                           | 5                   | 2 7/8       |                       | 4 1/2 IF P x 5 1/2 XT B                  |                     |            | 3.29                   | 1412.76             | 90.9             |  |
| Datos de Estabilizador             |                                     | Broca               |             |                       |  | Longitud total (ft) |            | 1412.76                |                     |                  |  |
| Distancia de aleta a la Broca (ft) | OD aleta (pulg)                     | Longitud aleta (ft) | Cantidad    | ID (1/32)             | Peso Total en Aire (Kib)                 |                     | 90.9       |                        |                     |                  |  |
| 3.860                              | 15 3/4                              | 1.12                | 5           | 14                    | Peso Total Sumergido (Kib)               |                     | 77.4       |                        |                     |                  |  |
| 46.900                             | 15 3/4                              | 2.83                | TFA (pulg2) | 1.011                 | Peso Sumergido debajo del Martillo (Kib) |                     | 63.8       |                        |                     |                  |  |
|                                    |                                     |                     |             |                       | Peso en Aire debajo del Martillo (Kib)   |                     | 74.6       |                        |                     |                  |  |

**Figura 8 - 1: BHA 16" Pozo 3**  
Reporte Direccional Final del Pozo

| Nombre de Pozo                     |                                     | Pozo 4              |             | BHA #                 |  | 2                   |            | Profundidad de Entrada |                     | 410              |  |
|------------------------------------|-------------------------------------|---------------------|-------------|-----------------------|--|---------------------|------------|------------------------|---------------------|------------------|--|
| Sección (pulg)                     |                                     | 16                  |             | Profundidad de Salida |  |                     |            |                        |                     | 3960             |  |
| #                                  | Descripción                         | OD (pulg)           | ID (pulg)   | Max OD (pulg)         | Conexión                                 | Cuello de Pesca     |            | Longitud (ft)          | Longitud acum. (ft) | Peso acum. (Kib) |  |
|                                    |                                     |                     |             |                       |  | OD (pulg)           | Long. (ft) |                        |                     |                  |  |
| 1                                  | Broca PDC de 16"                    | 9                   | 3 3/4       | 16                    | 7 5/8 Reg P                              |                     |            | 1.40                   | 1.40                | 0.5              |  |
| 2                                  | Motor 7 8 4 8 con camisa de 15-3/4" | 9 5/8               | 7 22/25     | 15 3/4                | 7 5/8 Reg B x 6 5/8 Reg B                | 9 3/7               | 3.94       | 34.45                  | 35.85               | 7.4              |  |
| 3                                  | Monel Corto                         | 8 3/10              | 2 7/8       |                       | 6 5/8 Reg P x 6 5/8 Reg B                |                     |            | 11.55                  | 47.40               | 9.3              |  |
| 4                                  | Estabilizador 15 3/4"               | 8 1/50              | 2 13/16     | 15 3/4                | 6 5/8 Reg P x 6 5/8 Reg B                | 8 1/50              | 1.80       | 5.28                   | 52.68               | 10.2             |  |
| 5                                  | Monel Corto                         | 8 3/10              | 2 7/8       |                       | 6 5/8 Reg P x 6 5/8 Reg B                |                     |            | 7.57                   | 60.25               | 11.4             |  |
| 6                                  | MWD                                 | 8 1/4               | 5 9/10      |                       | 6 5/8 Reg P x 6 5/8 Reg B                |                     |            | 26.00                  | 88.25               | 14.9             |  |
| 7                                  | Monel                               | 7 7/8               | 2 7/8       |                       | 6 5/8 Reg P x 6 5/8 Reg B                |                     |            | 28.20                  | 116.45              | 18.9             |  |
| 8                                  | UBHO                                | 8 1/4               | 3 2/67      |                       | 6 5/8 Reg P x 6 5/8 Reg B                |                     |            | 1.97                   | 118.42              | 19.2             |  |
| 9                                  | 2 x 8" Drill Collar                 | 8                   | 2 13/16     |                       | 6 5/8 Reg P x 6 5/8 Reg B                |                     |            | 60.41                  | 178.83              | 28.3             |  |
| 10                                 | Crossover                           | 8                   | 2 13/16     |                       | 6 5/8 Reg P x 4 1/2 IF B                 |                     |            | 3.58                   | 182.41              | 28.8             |  |
| 11                                 | 32 x 5" HWDP                        | 5                   | 3           | 6 1/2                 | 4 1/2 IF P x 4 1/2 IF B                  |                     |            | 980.53                 | 1162.94             | 78.2             |  |
| 12                                 | Martillo Hidráulico                 | 6 1/2               | 2 3/4       |                       | 4 1/2 IF P x 4 1/2 IF B                  | 6 1/2               | 0.85       | 31.04                  | 1193.98             | 81.1             |  |
| 13                                 | 7 x 5" HWDP                         | 5                   | 3           | 6 1/2                 | 4 1/2 IF P x 4 1/2 IF B                  |                     |            | 215.12                 | 1409.10             | 91.9             |  |
| 14                                 | Crossover                           | 5                   | 2 13/16     |                       | 4 1/2 IF P x 5 1/2 XT B                  |                     |            | 3.29                   | 1412.39             | 92.1             |  |
| Datos de Estabilizador             |                                     | Broca               |             |                       |  | Longitud total (ft) |            | 1412.39                |                     |                  |  |
| Distancia de aleta a la Broca (ft) | OD aleta (pulg)                     | Longitud aleta (ft) | Cantidad    | ID (1/32)             | Peso Total en Aire (Kib)                 |                     | 92.1       |                        |                     |                  |  |
| 3.810                              | 15 3/4                              | 1.12                | 3           | 14                    | Peso Total Sumergido (Kib)               |                     | 78.0       |                        |                     |                  |  |
| 49.450                             | 15 3/4                              | 2.40                | TFA (pulg2) | 1.141                 | Peso Sumergido debajo del Martillo (Kib) |                     | 66.2       |                        |                     |                  |  |
|                                    |                                     |                     |             |                       | Peso en Aire debajo del Martillo (Kib)   |                     | 78.2       |                        |                     |                  |  |

**Figura 8 - 2: BHA 16" Pozo 4**  
Reporte Direccional Final del Pozo

| Nombre de Pozo                     |                                     | Pozo 5              |             | BHA #                 |  | 2                   |            | Profundidad de Entrada |                     | 410              |  |
|------------------------------------|-------------------------------------|---------------------|-------------|-----------------------|--|---------------------|------------|------------------------|---------------------|------------------|--|
| Sección (pulg)                     |                                     | 16                  |             | Profundidad de Salida |  |                     |            |                        |                     | 3735             |  |
| #                                  | Descripción                         | OD (pulg)           | ID (pulg)   | Max OD (pulg)         | Conexión                                 | Cuello de Pesca     |            | Longitud (ft)          | Longitud acum. (ft) | Peso acum. (Kib) |  |
|                                    |                                     |                     |             |                       |  | OD (pulg)           | Long. (ft) |                        |                     |                  |  |
| 1                                  | Broca PDC de 16"                    | 9                   | 3 3/4       | 16                    | 7 5/8 Reg P                              |                     |            | 1.40                   | 1.40                | 0.5              |  |
| 2                                  | Motor 5 6 4 0 con camisa de 15-3/4" | 9 5/8               | 7 22/25     | 15 3/4                | 7 5/8 Reg B x 6 5/8 Reg B                | 9 5/8               | 3.90       | 32.53                  | 33.93               | 7.0              |  |
| 3                                  | Float Sub                           | 8 1/8               | 2 15/16     |                       | 6 5/8 Reg P x 6 5/8 Reg B                |                     |            | 2.23                   | 36.16               | 7.4              |  |
| 4                                  | Monel Corto                         | 8 1/4               | 2 7/8       |                       | 6 5/8 Reg P x 6 5/8 Reg B                |                     |            | 9.96                   | 46.12               | 9.0              |  |
| 5                                  | Estabilizador 15 3/4"               | 7 15/16             | 3 1/4       | 15 3/4                | 6 5/8 Reg P x 6 5/8 Reg B                | 7 15/16             | 1.83       | 5.09                   | 51.21               | 9.7              |  |
| 6                                  | Monel Corto                         | 8 1/8               | 2 15/16     |                       | 6 5/8 Reg P x 6 5/8 Reg B                |                     |            | 5.58                   | 56.79               | 10.6             |  |
| 7                                  | MWD                                 | 8 1/4               | 5 9/10      |                       | 6 5/8 Reg P x 6 5/8 Reg B                | 8 3/97              | 1.49       | 28.05                  | 84.84               | 14.1             |  |
| 8                                  | UBHO                                | 7 7/8               | 3 3/32      |                       | 6 5/8 Reg P x 6 5/8 Reg B                |                     |            | 2.59                   | 87.43               | 14.4             |  |
| 9                                  | Monel                               | 7 7/8               | 3 1/4       |                       | 6 5/8 Reg P x 6 5/8 Reg B                |                     |            | 27.90                  | 115.33              | 18.2             |  |
| 10                                 | 2 x 8" Drill Collar                 | 8                   | 3           |                       | 6 5/8 Reg P x 6 5/8 Reg B                |                     |            | 60.41                  | 175.74              | 27.1             |  |
| 11                                 | Crossover                           | 7 3/4               | 2 7/8       |                       | 6 5/8 Reg P x 4 1/2 IF B                 |                     |            | 3.58                   | 179.32              | 27.6             |  |
| 12                                 | 32 x 5" HWDP                        | 5                   | 3           | 6 1/2                 | 4 1/2 IF P x 4 1/2 IF B                  |                     |            | 980.53                 | 1159.85             | 77.0             |  |
| 13                                 | Martillo Hidráulico                 | 6 1/2               | 2 3/4       |                       | 4 1/2 IF P x 4 1/2 IF B                  | 6 1/2               | 0.82       | 32.48                  | 1192.33             | 79.2             |  |
| 14                                 | 7 x 5" HWDP                         | 5                   | 3           | 6 1/2                 | 4 1/2 IF P x 4 1/2 IF B                  |                     |            | 215.12                 | 1407.45             | 90.1             |  |
| 15                                 | Crossover                           | 5                   | 2 7/8       |                       | 4 1/2 IF P x 5 1/2 XT B                  |                     |            | 3.29                   | 1410.74             | 90.3             |  |
| Datos de Estabilizador             |                                     | Broca               |             |                       |  | Longitud total (ft) |            | 1410.74                |                     |                  |  |
| Distancia de aleta a la Broca (ft) | OD aleta (pulg)                     | Longitud aleta (ft) | Cantidad    | ID (1/32)             | Peso Total en Aire (Kib)                 |                     | 90.3       |                        |                     |                  |  |
| 3.750                              | 15 3/4                              | 0.95                | 4           | 13                    | Peso Total Sumergido (Kib)               |                     | 75.9       |                        |                     |                  |  |
| 48.420                             | 15 3/4                              | 1.26                | TFA (pulg2) | 0.969                 | Peso Sumergido debajo del Martillo (Kib) |                     | 64.8       |                        |                     |                  |  |
|                                    |                                     |                     |             |                       | Peso en Aire debajo del Martillo (Kib)   |                     | 77.0       |                        |                     |                  |  |

**Figura 8 - 3: BHA 16" Pozo 5**  
Reporte Direccional Final del Pozo



| Nombre de Pozo                     |                                     | Pozo 6          |                     |               | BHA #                     | 3               | Profundidad de Entrada                   |               | 410                 |                  |
|------------------------------------|-------------------------------------|-----------------|---------------------|---------------|---------------------------|-----------------|--|---------------|---------------------|------------------|
| Sección (pulg)                     |                                     | 16              |                     |               | Profundidad de Salida     |                 | 3895                                     |               |                     |                  |
| #                                  | Descripción                         | OD (pulg)       | ID (pulg)           | Max OD (pulg) | Conexión                  | Cuello de Pesca |  | Longitud (ft) | Longitud acum. (ft) | Peso acum. (Klb) |
|                                    |                                     |                 |                     |               |                           | OD (pulg)       | Long. (ft)                               |               |                     |                  |
| 1                                  | Broca PDC de 16"                    | 9               | 3 3/4               | 16            | 7 5/8 Reg P               |                 |  | 1.40          | 1.40                | 0.5              |
| 2                                  | Motor 7.8 4.8 con camisa de 15-3/4" | 9 5/8           | 7 22/25             | 15 3/4        | 7 5/8 Reg B x 6 5/8 Reg B | 9 3/5           | 3.77                                     | 34.19         | 35.59               | 7.4              |
| 3                                  | Monel Corto                         | 8 4/19          | 2 7/8               |               | 6 5/8 Reg P x 6 5/8 Reg B |                 |  | 7.52          | 43.11               | 8.6              |
| 4                                  | Monel Corto                         | 8 5/32          | 2 15/16             |               | 6 5/8 Reg P x 6 5/8 Reg B |                 |  | 5.56          | 48.67               | 9.4              |
| 5                                  | Estabilizador 15 3/4"               | 7 29/32         | 3 1/4               | 15 3/4        | 6 5/8 Reg P x 6 5/8 Reg B | 7 15/16         | 1.82                                     | 5.27          | 53.94               | 10.3             |
| 6                                  | MWD                                 | 8 1/4           | 5 9/10              |               | 6 5/8 Reg P x 6 5/8 Reg B |                 |  | 27.28         | 81.22               | 13.7             |
| 7                                  | UBHO                                | 8 3/50          | 2 15/16             |               | 6 5/8 Reg P x 6 5/8 Reg B |                 |  | 1.69          | 82.91               | 13.9             |
| 8                                  | Monel                               | 8 8/89          | 3 1/4               |               | 6 5/8 Reg P x 6 5/8 Reg B |                 |  | 30.32         | 113.23              | 18.4             |
| 9                                  | 2 x 8" Drill Collar                 | 8               | 2 13/16             |               | 6 5/8 Reg P x 6 5/8 Reg B |                 |  | 60.41         | 173.64              | 27.4             |
| 10                                 | Crossover                           | 7 3/4           | 2 7/8               |               | 6 5/8 Reg P x 4 1/2 IF B  |                 |  | 3.58          | 177.22              | 27.9             |
| 11                                 | 34 x 5" HWDP                        | 5               | 3                   | 6 1/2         | 4 1/2 IF P x 4 1/2 IF B   |                 |  | 1042.21       | 1219.43             | 80.4             |
| 12                                 | Martillo Hidráulico                 | 6 1/2           | 2 3/4               |               | 4 1/2 IF P x 4 1/2 IF B   | 6 1/2           | 1.02                                     | 31.32         | 1250.75             | 82.6             |
| 13                                 | 5 x 5" HWDP                         | 5               | 3                   | 6 1/2         | 4 1/2 IF P x 4 1/2 IF B   |                 |  | 153.44        | 1404.19             | 90.3             |
| 14                                 | Crossover                           | 5               | 2 13/16             |               | 4 1/2 IF P x 5 1/2 XT B   |                 |  | 3.29          | 1407.48             | 90.5             |
| <b>Datos de Estabilizador</b>      |                                     |                 |                     |               | <b>Broca</b>              |                 | Longitud total (ft)                      |               | 1407.48             |                  |
| Distancia de aleta a la Broca (ft) |                                     | OD aleta (pulg) | Longitud aleta (ft) | Cantidad      | ID (1/32)                 |                 | Peso Total en Aire (Klb)                 |               | 90.5                |                  |
| 3.830                              |                                     | 15 3/4          | 0.98                | 3             | 14                        |                 | Peso Total Sumergido (Klb)               |               | 76.2                |                  |
| 50.800                             |                                     | 15 3/4          | 2.26                | 4             | 15                        |                 | Peso Sumergido debajo del Martillo (Klb) |               | 67.7                |                  |
|                                    |                                     |                 |                     | TFA (pulg2)   | 1.141                     |                 | Peso en Aire debajo del Martillo (Klb)   |               | 80.4                |                  |

**Figura 8 - 4: BHA 16" Pozo 6**  
Reporte Direccional Final del Pozo

| Nombre de Pozo                     |                                     | Pozo 7          |                     |               | BHA #                     | 3               | Profundidad de Entrada                   |               | 409                 |                  |
|------------------------------------|-------------------------------------|-----------------|---------------------|---------------|---------------------------|-----------------|--|---------------|---------------------|------------------|
| Sección (pulg)                     |                                     | 16              |                     |               | Profundidad de Salida     |                 | 3740                                     |               |                     |                  |
| #                                  | Descripción                         | OD (pulg)       | ID (pulg)           | Max OD (pulg) | Conexión                  | Cuello de Pesca |  | Longitud (ft) | Longitud acum. (ft) | Peso acum. (Klb) |
|                                    |                                     |                 |                     |               |                           | OD (pulg)       | Long. (ft)                               |               |                     |                  |
| 1                                  | Broca PDC de 16"                    | 9               | 3 3/4               | 16            | 7 5/8 Reg P               |                 |  | 1.40          | 1.40                | 0.5              |
| 2                                  | Motor 7.8 4.8 con camisa de 15-3/4" | 9 5/8           | 7 22/25             | 15 3/4        | 7 5/8 Reg B x 6 5/8 Reg B | 9 17/32         | 3.93                                     | 34.31         | 35.71               | 7.4              |
| 3                                  | Monel Corto                         | 8 1/4           | 2 27/32             |               | 6 5/8 Reg P x 6 5/8 Reg B |                 |  | 11.21         | 46.92               | 9.2              |
| 4                                  | Estabilizador 15 3/4"               | 7 15/16         | 3                   | 15 3/4        | 6 5/8 Reg P x 6 5/8 Reg B | 7 15/16         | 1.83                                     | 4.74          | 59.19               | 10.0             |
| 5                                  | Monel Corto                         | 8 7/32          | 2 7/8               |               | 6 5/8 Reg P x 6 5/8 Reg B |                 |  | 7.53          | 54.45               | 11.2             |
| 6                                  | MWD                                 | 8 1/4           | 5 9/10              |               | 6 5/8 Reg P x 6 5/8 Reg B |                 |  | 27.46         | 86.65               | 14.6             |
| 7                                  | UBHO                                | 7 15/16         | 3 3/32              |               | 6 5/8 Reg P x 6 5/8 Reg B |                 |  | 2.23          | 88.88               | 14.9             |
| 8                                  | Monel                               | 7 19/32         | 2 7/8               |               | 6 5/8 Reg P x 6 5/8 Reg B |                 |  | 28.29         | 117.17              | 18.6             |
| 9                                  | 2 x 8" Drill Collar                 | 8               | 2 13/16             |               | 6 5/8 Reg P x 6 5/8 Reg B |                 |  | 60.41         | 177.58              | 27.7             |
| 10                                 | Crossover                           | 7 3/4           | 2 7/8               |               | 6 5/8 Reg P x 4 1/2 IF B  |                 |  | 3.58          | 181.16              | 28.2             |
| 11                                 | 40 x 5" HWDP                        | 5               | 3                   | 6 1/2         | 4 1/2 IF P x 4 1/2 IF B   |                 |  | 1214.15       | 1395.31             | 89.3             |
| 12                                 | Crossover                           | 5               | 2 13/16             |               | 4 1/2 IF P x 5 1/2 XT B   |                 |  | 3.58          | 1398.89             | 89.5             |
| <b>Datos de Estabilizador</b>      |                                     |                 |                     |               | <b>Broca</b>              |                 | Longitud total (ft)                      |               | 1398.89             |                  |
| Distancia de aleta a la Broca (ft) |                                     | OD aleta (pulg) | Longitud aleta (ft) | Cantidad      | ID (1/32)                 |                 | Peso Total en Aire (Klb)                 |               | 89.5                |                  |
| 3.760                              |                                     | 15 3/4          | 1.28                | 3             | 14                        |                 | Peso Total Sumergido (Klb)               |               | 75.5                |                  |
| 48.560                             |                                     | 15 3/4          | 2.13                | 4             | 15                        |                 | Peso Sumergido debajo del Martillo (Klb) |               |                     |                  |
|                                    |                                     |                 |                     | TFA (pulg2)   | 1.141                     |                 | Peso en Aire debajo del Martillo (Klb)   |               |                     |                  |

**Figura 8 - 5: BHA 16" Pozo 7**  
Reporte Direccional Final del Pozo

| Nombre de Pozo                     |                                     | Pozo 8          |                     |               | BHA #                     | 3               | Profundidad de Entrada                   |               | 409                 |                  |
|------------------------------------|-------------------------------------|-----------------|---------------------|---------------|---------------------------|-----------------|--|---------------|---------------------|------------------|
| Sección (pulg)                     |                                     | 16              |                     |               | Profundidad de Salida     |                 | 4120                                     |               |                     |                  |
| #                                  | Descripción                         | OD (pulg)       | ID (pulg)           | Max OD (pulg) | Conexión                  | Cuello de Pesca |  | Longitud (ft) | Longitud acum. (ft) | Peso acum. (Klb) |
|                                    |                                     |                 |                     |               |                           | OD (pulg)       | Long. (ft)                               |               |                     |                  |
| 1                                  | Broca PDC de 16"                    | 9               | 3 3/4               | 16            | 7 5/8 Reg P               |                 |  | 1.40          | 1.40                | 0.5              |
| 2                                  | Motor 7.8 4.8 con camisa de 15-3/4" | 9 5/8           | 7 22/25             | 15 3/4        | 7 5/8 Reg B x 6 5/8 Reg B | 9 17/32         | 3.80                                     | 34.14         | 35.54               | 7.4              |
| 3                                  | Monel Corto                         | 8               | 3 1/4               |               | 6 5/8 Reg P x 6 5/8 Reg B |                 |  | 11.03         | 46.57               | 9.0              |
| 4                                  | Estabilizador 14 5/8"               | 8               | 2 7/8               | 14 5/8        | 6 5/8 Reg P x 6 5/8 Reg B | 8               | 2.45                                     | 5.01          | 51.58               | 9.8              |
| 5                                  | Monel Corto                         | 8 1/4           | 2 7/8               |               | 6 5/8 Reg P x 6 5/8 Reg B |                 |  | 14.22         | 65.80               | 12.0             |
| 6                                  | MWD                                 | 8 1/4           | 5 9/10              |               | 6 5/8 Reg P x 6 5/8 Reg B |                 |  | 28.22         | 94.02               | 15.6             |
| 7                                  | UBHO                                | 7 7/8           | 2 13/16             |               | 6 5/8 Reg P x 6 5/8 Reg B |                 |  | 2.60          | 96.62               | 15.9             |
| 8                                  | Monel                               | 7 15/16         | 3 1/4               |               | 6 5/8 Reg P x 6 5/8 Reg B |                 |  | 28.93         | 125.55              | 20.0             |
| 9                                  | 2 x 8" Drill Collar                 | 8               | 2 13/16             |               | 6 5/8 Reg P x 6 5/8 Reg B |                 |  | 60.41         | 185.96              | 29.0             |
| 10                                 | Crossover                           | 7 3/4           | 2 7/8               |               | 6 5/8 Reg P x 4 1/2 IF B  |                 |  | 2.65          | 188.61              | 29.4             |
| 11                                 | 37 x 5" HWDP                        | 5               | 3                   | 6 1/2         | 4 1/2 IF P x 4 1/2 IF B   |                 |  | 1123.28       | 1311.89             | 86.0             |
| 12                                 | Martillo Hidráulico                 | 6 1/2           | 2 3/4               |               | 4 1/2 IF P x 4 1/2 IF B   | 6 1/2           | 0.85                                     | 31.74         | 1343.63             | 88.2             |
| 13                                 | 7 x 5" HWDP                         | 5               | 3                   | 6 1/2         | 4 1/2 IF P x 4 1/2 IF B   |                 |  | 209.33        | 1552.96             | 98.7             |
| 14                                 | Crossover                           | 5               | 2 13/16             |               | 4 1/2 IF P x 5 1/2 XT B   |                 |  | 2.62          | 1555.58             | 98.9             |
| <b>Datos de Estabilizador</b>      |                                     |                 |                     |               | <b>Broca</b>              |                 | Longitud total (ft)                      |               | 1555.58             |                  |
| Distancia de aleta a la Broca (ft) |                                     | OD aleta (pulg) | Longitud aleta (ft) | Cantidad      | ID (1/32)                 |                 | Peso Total en Aire (Klb)                 |               | 98.9                |                  |
| 3.720                              |                                     | 15 3/4          | 0.75                | 7             | 15                        |                 | Peso Total Sumergido (Klb)               |               | 83.2                |                  |
| 48.170                             |                                     | 14 5/8          | 1.21                | TFA (pulg2)   | 1.208                     |                 | Peso Sumergido debajo del Martillo (Klb) |               | 72.3                |                  |
|                                    |                                     |                 |                     |               |                           |                 | Peso en Aire debajo del Martillo (Klb)   |               | 86.0                |                  |

**Figura 8 - 6: BHA 16" Pozo 8**  
Reporte Direccional Final del Pozo



8.2. BHA's Sección 12 1/4"

| Nombre de Pozo                     |                                 | Pozo 3          |                     |               | BHA #                     |                 | 3  |                     | Profundidad de Entrada |                  | 3760 |      |
|------------------------------------|---------------------------------|-----------------|---------------------|---------------|---------------------------|-----------------|--|---------------------|------------------------|------------------|------|------|
| Sección (pulg)                     |                                 | 12 1/4          |                     |               |                           |                 |  |                     | Profundidad de Salida  |                  | 6415 |      |
| #                                  | Descripción                     | OD (pulg)       | ID (pulg)           | Max OD (pulg) | Conexión                  | Cuello de Pesca |  | Longitud (ft)       | Longitud acum. (ft)    | Peso acum. (Kib) |      |      |
|                                    |                                 |                 |                     |               |                           | OD (pulg)       | Long. (ft)                               |                     |                        |                  |      |      |
| 1                                  | Broca PDC de 12 1/4"            | 8 3/4           | 3 1/4               | 12 1/4        | 6 5/8 Reg P               |                 |  |                     | 1.09                   | 1.09             |      | 0.3  |
| 2                                  | Motor 7.8 4.0 con camisa de 12" | 8 1/4           | 6 1/4               | 12            | 6 5/8 Reg B x 6 5/8 Reg B | 8 1/4           | 3.80                                     |                     | 29.63                  | 30.72            |      | 4.6  |
| 3                                  | Float Sub                       | 8 1/8           | 2 15/16             |               | 6 5/8 Reg P x 6 5/8 Reg B |                 |  |                     | 2.23                   | 32.95            |      | 4.9  |
| 4                                  | Estabilizador 11 3/4"           | 8 5/32          | 2 7/8               | 11 3/4        | 6 5/8 Reg P x 6 5/8 Reg B | 8 5/32          | 2.70                                     |                     | 6.37                   | 39.32            |      | 6.1  |
| 5                                  | Monel Corto                     | 8 1/4           | 2 27/32             |               | 6 5/8 Reg P x 6 5/8 Reg B |                 |  |                     | 11.19                  | 50.51            |      | 7.9  |
| 6                                  | MWD                             | 8 1/4           | 5 9/10              |               | 6 5/8 Reg P x 6 5/8 Reg B | 8 3/32          | 1.48                                     |                     | 28.10                  | 78.61            |      | 11.4 |
| 7                                  | Monel                           | 7 31/32         | 3 1/4               |               | 6 5/8 Reg P x 6 5/8 Reg B |                 |  |                     | 30.33                  | 108.94           |      | 15.7 |
| 8                                  | Crossover                       | 8               | 2 13/16             |               | 6 5/8 Reg P x 4 1/2 IF B  |                 |  |                     | 3.58                   | 112.52           |      | 16.2 |
| 9                                  | 32 x 5" HWDP                    | 5               | 3                   | 6 1/2         | 4 1/2 IF P x 4 1/2 IF B   |                 |  |                     | 980.53                 | 1093.05          |      | 65.6 |
| 10                                 | Martillo Hidráulico             | 6 1/2           | 2 7/8               |               | 4 1/2 IF P x 4 1/2 IF B   | 6 1/2           | 0.90                                     |                     | 32.30                  | 1125.35          |      | 67.9 |
| 11                                 | 4 x 5" HWDP                     | 5               | 3                   | 6 1/2         | 4 1/2 IF P x 4 1/2 IF B   |                 |  |                     | 123.16                 | 1248.51          |      | 74.1 |
| 12                                 | Crossover                       | 5               | 2 7/8               |               | 4 1/2 IF P x 5 1/2 XT B   |                 |  |                     | 3.29                   | 1251.80          |      | 74.3 |
| Datos de Estabilizador             |                                 |                 |                     | Broca         |                           |                 |  | Longitud total (ft) |                        | 1251.80          |      |      |
| Distancia de aleta a la Broca (ft) |                                 | OD aleta (pulg) | Longitud aleta (ft) | Cantidad      | ID (1/32)                 |                 | Peso Total en Aire (Kib)                 |                     | 74.3                   |                  |      |      |
| 3.210                              |                                 | 12              | 0.90                | 5             | 15                        |                 | Peso Total Sumergido (Kib)               |                     | 62.7                   |                  |      |      |
| 35.800                             |                                 | 11 3/4          | 1.65                | TFA (pulg2)   | 0.863                     |                 | Peso Sumergido debajo del Martillo (Kib) |                     | 55.6                   |                  |      |      |
|                                    |                                 |                 |                     |               |                           |                 | Peso en Aire debajo del Martillo (Kib)   |                     | 65.6                   |                  |      |      |

Figura 8 - 7: BHA 12 1/4" Pozo 3  
Reporte Direccional Final del Pozo

| Nombre de Pozo                     |                                 | Pozo 4          |                     |               | BHA #                     |                 | 3  |                     | Profundidad de Entrada |                  | 3960 |      |
|------------------------------------|---------------------------------|-----------------|---------------------|---------------|---------------------------|-----------------|--|---------------------|------------------------|------------------|------|------|
| Sección (pulg)                     |                                 | 12 1/4          |                     |               |                           |                 |  |                     | Profundidad de Salida  |                  | 6935 |      |
| #                                  | Descripción                     | OD (pulg)       | ID (pulg)           | Max OD (pulg) | Conexión                  | Cuello de Pesca |  | Longitud (ft)       | Longitud acum. (ft)    | Peso acum. (Kib) |      |      |
|                                    |                                 |                 |                     |               |                           | OD (pulg)       | Long. (ft)                               |                     |                        |                  |      |      |
| 1                                  | Broca PDC de 12 1/4"            | 8 3/4           | 3 1/4               | 12 1/4        | 6 5/8 Reg P               |                 |  |                     | 1.09                   | 1.09             |      | 0.3  |
| 2                                  | Motor 7.8 4.0 con camisa de 12" | 8 1/4           | 6 1/4               | 12            | 6 5/8 Reg B x 6 5/8 Reg B | 8 2/9           | 3.76                                     |                     | 29.63                  | 30.72            |      | 4.6  |
| 3                                  | Float Sub                       | 8 9/53          | 2 40/43             |               | 6 5/8 Reg P x 6 5/8 Reg B |                 |  |                     | 2.22                   | 32.94            |      | 4.9  |
| 4                                  | Estabilizador 11 3/4"           | 8 3/50          | 2 7/8               | 11 3/4        | 6 5/8 Reg P x 6 5/8 Reg B | 8 9/53          | 2.22                                     |                     | 6.67                   | 39.61            |      | 6.2  |
| 5                                  | Monel Corto                     | 8 3/10          | 2 27/32             |               | 6 5/8 Reg P x 6 5/8 Reg B |                 |  |                     | 11.55                  | 51.16            |      | 8.1  |
| 6                                  | MWD                             | 8 1/4           | 5 9/10              |               | 6 5/8 Reg P x 6 5/8 Reg B |                 |  |                     | 28.00                  | 79.16            |      | 11.6 |
| 7                                  | Monel                           | 7 7/8           | 2 7/8               |               | 6 5/8 Reg P x 6 5/8 Reg B |                 |  |                     | 28.20                  | 107.36           |      | 15.6 |
| 8                                  | Crossover                       | 8               | 2 13/16             |               | 6 5/8 Reg P x 4 1/2 IF B  |                 |  |                     | 3.58                   | 110.94           |      | 16.1 |
| 9                                  | 32 x 5" HWDP                    | 5               | 3                   | 6 1/2         | 4 1/2 IF P x 4 1/2 IF B   |                 |  |                     | 980.53                 | 1091.47          |      | 65.5 |
| 10                                 | Martillo Hidráulico             | 6 1/2           | 2 3/4               |               | 4 1/2 IF P x 4 1/2 IF B   | 6 1/2           | 0.85                                     |                     | 31.04                  | 1122.51          |      | 68.4 |
| 11                                 | 4 x 5" HWDP                     | 5               | 3                   | 6 1/2         | 4 1/2 IF P x 4 1/2 IF B   |                 |  |                     | 123.16                 | 1245.67          |      | 74.6 |
| 12                                 | Crossover                       | 5               | 2 13/16             |               | 4 1/2 IF P x 5 1/2 XT B   |                 |  |                     | 3.29                   | 1248.96          |      | 74.8 |
| Datos de Estabilizador             |                                 |                 |                     | Broca         |                           |                 |  | Longitud total (ft) |                        | 1248.96          |      |      |
| Distancia de aleta a la Broca (ft) |                                 | OD aleta (pulg) | Longitud aleta (ft) | Cantidad      | ID (1/32)                 |                 | Peso Total en Aire (Kib)                 |                     | 74.8                   |                  |      |      |
| 3.220                              |                                 | 12              | 1.52                | 5             | 14                        |                 | Peso Total Sumergido (Kib)               |                     | 63.0                   |                  |      |      |
| 34.740                             |                                 | 11 3/4          | 1.65                | TFA (pulg2)   | 0.752                     |                 | Peso Sumergido debajo del Martillo (Kib) |                     | 55.2                   |                  |      |      |
|                                    |                                 |                 |                     |               |                           |                 | Peso en Aire debajo del Martillo (Kib)   |                     | 65.5                   |                  |      |      |

Figura 8 - 8: BHA 12 1/4" Pozo 4  
Reporte Direccional Final del Pozo

| Nombre de Pozo                     |                                 | Pozo 5          |                     |               | BHA #                     |                 | 4  |                     | Profundidad de Entrada |                  | 3735 |      |
|------------------------------------|---------------------------------|-----------------|---------------------|---------------|---------------------------|-----------------|--|---------------------|------------------------|------------------|------|------|
| Sección (pulg)                     |                                 | 12 1/4          |                     |               |                           |                 |  |                     | Profundidad de Salida  |                  | 6330 |      |
| #                                  | Descripción                     | OD (pulg)       | ID (pulg)           | Max OD (pulg) | Conexión                  | Cuello de Pesca |  | Longitud (ft)       | Longitud acum. (ft)    | Peso acum. (Kib) |      |      |
|                                    |                                 |                 |                     |               |                           | OD (pulg)       | Long. (ft)                               |                     |                        |                  |      |      |
| 1                                  | Broca PDC de 12 1/4"            | 8 3/4           | 3 1/4               | 12 1/4        | 6 5/8 Reg P               |                 |  |                     | 1.05                   | 1.05             |      | 0.3  |
| 2                                  | Motor 7.8 4.0 con camisa de 12" | 8 1/4           | 6 1/4               | 12            | 6 5/8 Reg B x 6 5/8 Reg B | 8 2/9           | 3.84                                     |                     | 31.88                  | 32.93            |      | 4.9  |
| 3                                  | Float Sub                       | 8 1/8           | 2 7/8               |               | 6 5/8 Reg P x 6 5/8 Reg B |                 |  |                     | 2.18                   | 35.11            |      | 5.3  |
| 4                                  | Estabilizador 11 3/4"           | 8               | 3                   | 11 3/4        | 6 5/8 Reg P x 6 5/8 Reg B | 8               | 2.34                                     |                     | 5.84                   | 40.95            |      | 6.3  |
| 5                                  | Monel Corto                     | 8 5/32          | 2 27/32             |               | 6 5/8 Reg P x 6 5/8 Reg B |                 |  |                     | 12.03                  | 52.98            |      | 8.2  |
| 6                                  | MWD                             | 8 1/4           | 5 9/10              |               | 6 5/8 Reg P x 6 5/8 Reg B | 8 14/25         | 1.12                                     |                     | 28.00                  | 80.98            |      | 12.3 |
| 7                                  | Monel                           | 7 15/16         | 3 1/4               |               | 6 5/8 Reg P x 6 5/8 Reg B |                 |  |                     | 29.23                  | 110.21           |      | 16.4 |
| 8                                  | Crossover                       | 7 5/8           | 2 7/16              |               | 6 5/8 Reg P x 4 1/2 IF B  |                 |  |                     | 2.66                   | 112.87           |      | 16.7 |
| 9                                  | 32 x 5" HWDP                    | 5               | 3                   | 6 1/2         | 4 1/2 IF P x 4 1/2 IF B   |                 |  |                     | 980.53                 | 1093.40          |      | 66.1 |
| 10                                 | Martillo Hidráulico             | 6 3/8           | 2 3/4               |               | 4 1/2 IF P x 4 1/2 IF B   | 6 3/8           | 1.71                                     |                     | 32.46                  | 1125.86          |      | 68.1 |
| 11                                 | 4 x 5" HWDP                     | 5               | 3                   | 6 1/2         | 4 1/2 IF P x 4 1/2 IF B   |                 |  |                     | 123.16                 | 1249.02          |      | 74.3 |
| 12                                 | Crossover                       | 5               | 2 13/16             |               | 4 1/2 IF P x 5 1/2 XT B   |                 |  |                     | 2.64                   | 1251.66          |      | 74.4 |
| Datos de Estabilizador             |                                 |                 |                     | Broca         |                           |                 |  | Longitud total (ft) |                        | 1251.66          |      |      |
| Distancia de aleta a la Broca (ft) |                                 | OD aleta (pulg) | Longitud aleta (ft) | Cantidad      | ID (1/32)                 |                 | Peso Total en Aire (Kib)                 |                     | 74.4                   |                  |      |      |
| 3.220                              |                                 | 12              | 0.72                | 5             | 14                        |                 | Peso Total Sumergido (Kib)               |                     | 62.6                   |                  |      |      |
| 37.780                             |                                 | 11 3/4          | 1.67                | TFA (pulg2)   | 0.752                     |                 | Peso Sumergido debajo del Martillo (Kib) |                     | 55.6                   |                  |      |      |
|                                    |                                 |                 |                     |               |                           |                 | Peso en Aire debajo del Martillo (Kib)   |                     | 66.1                   |                  |      |      |

Figura 8 - 9: BHA 12 1/4" Pozo 5  
Reporte Direccional Final del Pozo

| Nombre de Pozo                     |                              | Pozo 6              |             |               | BHA #                     |  | 4          |               | Profundidad de Entrada |                  | 3895 |  |
|------------------------------------|------------------------------|---------------------|-------------|---------------|---------------------------|--|------------|---------------|------------------------|------------------|------|--|
| Sección (pulg)                     |                              | 12 1/4              |             |               | Profundidad de Salida     |  | 6825       |               |                        |                  |      |  |
| #                                  | Descripción                  | OD (pulg)           | ID (pulg)   | Max OD (pulg) | Conexión                  | Cuello de Pesca                          |            | Longitud (ft) | Longitud acum. (ft)    | Peso acum. (Klb) |      |  |
|                                    |                              |                     |             |               |                           | OD (pulg)                                | Long. (ft) |               |                        |                  |      |  |
| 1                                  | Broca PDC de 12 1/4"         | 8 3/4               | 3 1/4       | 12 1/4        | 6 5/8 Reg P               |  |            | 0.93          | 0.93                   | 0.2              |      |  |
| 2                                  | Sistema Rotatorio de 12 1/4" | 9 17/63             | 5 1/8       | 12 1/4        | 6 5/8 Reg B x 6 5/8 Reg B |  |            | 13.77         | 14.70                  | 2.7              |      |  |
| 3                                  | Estabilizador 11 3/4"        | 8                   | 2 7/8       | 11 3/4        | 6 5/8 Reg P x 6 5/8 Reg B | 8  | 2.41       | 6.62          | 23.22                  | 4.0              |      |  |
| 4                                  | Float Sub                    | 7 7/8               | 2 7/8       |               | 6 5/8 Reg P x 6 5/8 Reg B |  |            | 1.90          | 16.60                  | 4.2              |      |  |
| 5                                  | Monel Corto                  | 8 4/19              | 2 7/8       |               | 6 5/8 Reg P x 6 5/8 Reg B |  |            | 7.52          | 30.74                  | 5.4              |      |  |
| 6                                  | MWD                          | 8 1/4               | 5 9/10      |               | 6 5/8 Reg P x 6 5/8 Reg B |  |            | 27.28         | 58.02                  | 8.8              |      |  |
| 7                                  | Monel                        | 8 8/89              | 3 1/4       |               | 6 5/8 Reg P x 6 5/8 Reg B |  |            | 30.32         | 88.34                  | 13.3             |      |  |
| 8                                  | Crossover                    | 7 3/4               | 2 7/8       |               | 6 5/8 Reg P x 4 1/2 IF B  |  |            | 2.65          | 90.99                  | 13.6             |      |  |
| 9                                  | 32 x 5" HWDP                 | 5                   | 3           | 6 1/2         | 4 1/2 IF P x 4 1/2 IF B   |  |            | 980.53        | 1071.52                | 71.6             |      |  |
| 10                                 | Martillo Hidráulico          | 6 1/2               | 2 3/4       |               | 4 1/2 IF P x 4 1/2 IF B   | 6 1/2                                    | 1.30       | 31.32         | 1102.84                | 73.8             |      |  |
| 11                                 | 4 x 5" HWDP                  | 5                   | 3           | 6 1/2         | 4 1/2 IF P x 4 1/2 IF B   |  |            | 123.16        | 1226.00                | 81.1             |      |  |
| 12                                 | Crossover                    | 5                   | 2 13/16     |               | 4 1/2 IF P x 5 1/2 XT B   |  |            | 2.62          | 1228.62                | 81.3             |      |  |
| Datos de Estabilizador             |                              |                     | Broca       |               |                           | Longitud total (ft)                      |            | 1228.62       |                        |                  |      |  |
| Distancia de aleta a la Broca (ft) | OD aleta (pulg)              | Longitud aleta (ft) | Cantidad    | ID (1/32)     |                           | Peso Total en Aire (Klb)                 |            | 81.3          |                        |                  |      |  |
|                                    |                              |                     | 8           | 14            |                           | Peso Total Sumergido (Klb)               |            | 68.1          |                        |                  |      |  |
| 16.500                             | 11 3/4                       | 1.52                |             |               |                           | Peso Sumergido debajo del Martillo (Klb) |            | 60.0          |                        |                  |      |  |
|                                    |                              |                     | TFA (pulg2) | 1.203         |                           | Peso en Aire debajo del Martillo (Klb)   |            | 71.6          |                        |                  |      |  |

**Figura 8 - 10: BHA 12 1/4" Pozo 6**  
Reporte Direccional Final del Pozo

| Nombre de Pozo                     |                              | Pozo 7              |             |               | BHA #                     |  | 5          |               | Profundidad de Entrada |                  | 3740 |  |
|------------------------------------|------------------------------|---------------------|-------------|---------------|---------------------------|--|------------|---------------|------------------------|------------------|------|--|
| Sección (pulg)                     |                              | 12 1/4              |             |               | Profundidad de Salida     |  | 4684       |               |                        |                  |      |  |
| #                                  | Descripción                  | OD (pulg)           | ID (pulg)   | Max OD (pulg) | Conexión                  | Cuello de Pesca                          |            | Longitud (ft) | Longitud acum. (ft)    | Peso acum. (Klb) |      |  |
|                                    |                              |                     |             |               |                           | OD (pulg)                                | Long. (ft) |               |                        |                  |      |  |
| 1                                  | Broca PDC de 12 1/4"         | 8 3/4               | 3 1/4       | 12 1/4        | 6 5/8 Reg P               |  |            | 0.93          | 0.93                   | 0.2              |      |  |
| 2                                  | Sistema Rotatorio de 12 1/4" | 9 3/50              | 5 1/8       | 12 1/4        | 6 5/8 Reg B x 6 5/8 Reg B |  |            | 13.56         | 14.49                  | 2.7              |      |  |
| 3                                  | Estabilizador 11 3/4"        | 7 24/25             | 2 7/8       | 11 3/4        | 6 5/8 Reg P x 6 5/8 Reg B | 7 31/32                                  | 2.72       | 6.61          | 23.03                  | 3.9              |      |  |
| 4                                  | Float Sub                    | 7 7/8               | 2 7/8       |               | 6 5/8 Reg P x 6 5/8 Reg B |  |            | 1.93          | 16.42                  | 4.2              |      |  |
| 5                                  | Monel Corto                  | 8 7/32              | 2 7/8       |               | 6 5/8 Reg P x 6 5/8 Reg B |  |            | 7.53          | 30.56                  | 5.4              |      |  |
| 6                                  | MWD                          | 8 3/23              | 5 9/10      |               | 6 5/8 Reg P x 6 5/8 Reg B |  |            | 27.46         | 58.02                  | 8.8              |      |  |
| 7                                  | Monel                        | 7 19/32             | 2 7/8       |               | 6 5/8 Reg P x 6 5/8 Reg B |  |            | 28.29         | 86.31                  | 12.6             |      |  |
| 8                                  | Crossover                    | 8                   | 2 7/8       |               | 6 5/8 Reg P x 5 1/2 XT B  | 6 5/8                                    | 1.00       | 2.46          | 88.77                  | 12.9             |      |  |
| 9                                  | Crossover                    | 6 5/8               | 2 7/8       |               | 5 1/2 XT P x 4 1/2 IF B   |  |            | 1.00          | 89.77                  | 13.0             |      |  |
| 10                                 | 28 x 5" HWDP                 | 5                   | 3           | 6 1/2         | 4 1/2 IF P x 4 1/2 IF B   |  |            | 852.17        | 941.94                 | 63.4             |      |  |
| 11                                 | Martillo Hidráulico          | 6 1/2               | 2 3/4       |               | 4 1/2 IF P x 4 1/2 IF B   | 6 1/2                                    | 1.00       | 31.97         | 973.91                 | 65.6             |      |  |
| 12                                 | 3 x 5" HWDP                  | 5                   | 3           | 6 1/2         | 4 1/2 IF P x 4 1/2 IF B   |  |            | 90.40         | 1064.31                | 71.0             |      |  |
| 13                                 | Crossover                    | 5                   | 2 13/16     |               | 4 1/2 IF P x 5 1/2 XT B   |  |            | 2.45          | 1066.76                | 71.1             |      |  |
| Datos de Estabilizador             |                              |                     | Broca       |               |                           | Longitud total (ft)                      |            | 1066.76       |                        |                  |      |  |
| Distancia de aleta a la Broca (ft) | OD aleta (pulg)              | Longitud aleta (ft) | Cantidad    | ID (1/32)     |                           | Peso Total en Aire (Klb)                 |            | 71.1          |                        |                  |      |  |
|                                    |                              |                     | 8           | 14            |                           | Peso Total Sumergido (Klb)               |            | 60.4          |                        |                  |      |  |
| 17.380                             | 11 3/4                       | 2.19                |             |               |                           | Peso Sumergido debajo del Martillo (Klb) |            | 53.9          |                        |                  |      |  |
|                                    |                              |                     | TFA (pulg2) | 1.203         |                           | Peso en Aire debajo del Martillo (Klb)   |            | 63.4          |                        |                  |      |  |

**Figura 8 - 11: BHA 12 1/4" Pozo 7**  
Reporte Direccional Final del Pozo

| Nombre de Pozo                     |                              | Pozo 8              |             |               | BHA #                     |  | 4          |               | Profundidad de Entrada |                  | 4120 |  |
|------------------------------------|------------------------------|---------------------|-------------|---------------|---------------------------|--|------------|---------------|------------------------|------------------|------|--|
| Sección (pulg)                     |                              | 12 1/4              |             |               | Profundidad de Salida     |  | 6561       |               |                        |                  |      |  |
| #                                  | Descripción                  | OD (pulg)           | ID (pulg)   | Max OD (pulg) | Conexión                  | Cuello de Pesca                          |            | Longitud (ft) | Longitud acum. (ft)    | Peso acum. (Klb) |      |  |
|                                    |                              |                     |             |               |                           | OD (pulg)                                | Long. (ft) |               |                        |                  |      |  |
| 1                                  | Broca PDC de 12 1/4"         | 8 3/4               | 3 1/4       | 12 1/4        | 6 5/8 Reg P               |  |            | 0.93          | 0.93                   | 0.2              |      |  |
| 2                                  | Sistema Rotatorio de 12 1/4" | 9                   | 5 1/8       | 12 1/4        | 6 5/8 Reg B x 6 5/8 Reg B |  |            | 13.37         | 14.30                  | 2.7              |      |  |
| 3                                  | Estabilizador 11 3/4"        | 8                   | 2 7/8       | 11 3/4        | 6 5/8 Reg P x 6 5/8 Reg B | 7 31/32                                  | 2.61       | 7.21          | 23.41                  | 4.0              |      |  |
| 4                                  | Float Sub                    | 8                   | 2 7/8       |               | 6 5/8 Reg P x 6 5/8 Reg B |  |            | 1.90          | 16.20                  | 4.3              |      |  |
| 5                                  | Monel Corto                  | 8                   | 3 1/4       |               | 6 5/8 Reg P x 6 5/8 Reg B |  |            | 11.03         | 34.44                  | 5.9              |      |  |
| 6                                  | MWD                          | 8                   | 5 9/10      |               | 6 5/8 Reg P x 6 5/8 Reg B |  |            | 28.22         | 62.66                  | 10.0             |      |  |
| 7                                  | Monel                        | 7 15/16             | 3 1/4       |               | 6 5/8 Reg P x 6 5/8 Reg B |  |            | 28.93         | 91.59                  | 14.0             |      |  |
| 8                                  | 2 x 8" Drill Collar          | 8                   | 2 13/16     |               | 6 5/8 Reg P x 6 5/8 Reg B |  |            | 60.41         | 152.00                 | 23.0             |      |  |
| 9                                  | Crossover                    | 7 3/4               | 2 7/8       |               | 6 5/8 Reg P x 4 1/2 IF B  |  |            | 2.65          | 154.65                 | 23.4             |      |  |
| 10                                 | 41 x 5" HWDP                 | 5                   | 3           | 6 1/2         | 4 1/2 IF P x 4 1/2 IF B   |  |            | 1242.01       | 1396.66                | 86.0             |      |  |
| 11                                 | Martillo Hidráulico          | 6 3/8               | 2 3/4       |               | 4 1/2 IF P x 4 1/2 IF B   | 6 3/8                                    | 1.71       | 31.74         | 1428.40                | 87.9             |      |  |
| 12                                 | 3 x 5" HWDP                  | 5                   | 3           | 6 1/2         | 4 1/2 IF P x 4 1/2 IF B   |  |            | 90.60         | 1519.00                | 92.4             |      |  |
| 13                                 | Crossover                    | 5                   | 2 13/16     |               | 4 1/2 IF P x 5 1/2 XT B   |  |            | 2.62          | 1521.62                | 92.6             |      |  |
| Datos de Estabilizador             |                              |                     | Broca       |               |                           | Longitud total (ft)                      |            | 1521.62       |                        |                  |      |  |
| Distancia de aleta a la Broca (ft) | OD aleta (pulg)              | Longitud aleta (ft) | Cantidad    | ID (1/32)     |                           | Peso Total en Aire (Klb)                 |            | 92.6          |                        |                  |      |  |
|                                    |                              |                     | 8           | 14            |                           | Peso Total Sumergido (Klb)               |            | 77.9          |                        |                  |      |  |
| 17.18                              | 11 3/4                       | 1.77                |             |               |                           | Peso Sumergido debajo del Martillo (Klb) |            | 72.3          |                        |                  |      |  |
|                                    |                              |                     | TFA (pulg2) | 1.203         |                           | Peso en Aire debajo del Martillo (Klb)   |            | 86.0          |                        |                  |      |  |

**Figura 8 - 12: BHA 12 1/4" Pozo 8**  
Reporte Direccional Final del Pozo



## 8.3. BHA's Sección 8 1/2"

| Nombre de Pozo                     |                                    | Pozo 3              |                          | BHA #                 |                          | 5                          |  | Profundidad de Entrada                 |                     | 6445             |  |
|------------------------------------|------------------------------------|---------------------|--------------------------|-----------------------|--------------------------|----------------------------|--|--|---------------------|------------------|--|
| Sección (pulg)                     |                                    | 8 1/2               |                          | Profundidad de Salida |                          |                            |  |  |                     | 7010             |  |
| #                                  | Descripción                        | OD (pulg)           | ID (pulg)                | Max OD (pulg)         | Conexión                 | Cuello de Pesca            |  | Longitud (ft)                          | Longitud acum. (ft) | Peso acum. (Kib) |  |
|                                    |                                    |                     |                          |                       |                          | OD (pulg)                  | Long. (ft)                               |  |                     |                  |  |
| 1                                  | Broca PDC de 8 1/2"                | 6                   | 2 1/4                    | 8 1/2                 | 4 1/2 Reg P              |                            |  | 0.97                                   | 0.97                | 0.1              |  |
| 2                                  | Motor 7.8 5.0 con camisa de 8 1/4" | 6 3/4               | 5 1/2                    | 8 1/4                 | 4 1/2 Reg B x 4 1/2 IF B | 6 3/4                      | 2.98                                     | 26.88                                  | 27.85               | 2.5              |  |
| 3                                  | Float Sub                          | 6 21/32             | 2 27/32                  |                       | 4 1/2 IF P x 4 1/2 B     |                            |  | 2.57                                   | 30.42               | 2.7              |  |
| 4                                  | Monel Corto                        | 6 23/32             | 2 27/32                  |                       | 4 1/2 IF P x 4 1/2 B     |                            |  | 14.41                                  | 44.83               | 4.2              |  |
| 5                                  | MWD                                | 6 13/20             | 5 6/55                   |                       | 4 1/2 IF P x 4 1/2 B     |                            |  | 27.50                                  | 72.33               | 6.5              |  |
| 6                                  | Monel                              | 6 11/16             | 2 7/8                    |                       | 4 1/2 IF P x 4 1/2 B     |                            |  | 30.36                                  | 102.69              | 9.4              |  |
| 7                                  | 36 x 5" HWDP                       | 5                   | 3                        | 6 1/2                 | 4 1/2 IF P x 4 1/2 B     |                            |  | 1103.69                                | 1206.38             | 65.0             |  |
| 8                                  | Martillo Hidráulico                | 6 1/2               | 2 7/8                    |                       | 4 1/2 IF P x 4 1/2 B     | 6 1/2                      | 0.90                                     | 32.30                                  | 1238.68             | 67.3             |  |
| 9                                  | 3 x 5" HWDP                        | 5                   | 3                        | 6 1/2                 | 4 1/2 IF P x 4 1/2 B     |                            |  | 91.96                                  | 1330.64             | 71.9             |  |
| 10                                 | Crossover                          | 5                   | 2 7/8                    |                       | 4 1/2 IF P x 5 1/2 XT B  |                            |  | 3.29                                   | 1333.93             | 72.1             |  |
| Datos de Estabilizador             |                                    |                     | Broca                    |                       |                          | Longitud total (ft)        |  |  |                     | 1333.93          |  |
| Distancia de aleta a la Broca (ft) | OD aleta (pulg)                    | Longitud aleta (ft) | Cantidad                 | ID (1/32)             |                          | Peso Total en Aire (Kib)   |  |  |                     | 72.1             |  |
|                                    |                                    |                     | 6                        | 12                    |                          | Peso Total Sumergido (Kib) |  |  |                     | 61.8             |  |
| 2.910                              | 8 1/4                              | 0.69                | TFA (pulg <sup>2</sup> ) |                       | 0.663                    |                            | Peso Sumergido debajo del Martillo (Kib) |  | 55.8                |                  |  |
|                                    |                                    |                     |                          |                       |                          |                            |  | Peso en Aire debajo del Martillo (Kib) |                     | 65.0             |  |

Figura 8 - 13: BHA 8 1/2" Pozo 3  
Reporte Direccional Final del Pozo

| Nombre de Pozo                     |                                    | Pozo 4              |                          | BHA #                 |                          | 4                          |  | Profundidad de Entrada                 |                     | 6445             |  |
|------------------------------------|------------------------------------|---------------------|--------------------------|-----------------------|--------------------------|----------------------------|--|--|---------------------|------------------|--|
| Sección (pulg)                     |                                    | 8 1/2               |                          | Profundidad de Salida |                          |                            |  |  |                     | 7010             |  |
| #                                  | Descripción                        | OD (pulg)           | ID (pulg)                | Max OD (pulg)         | Conexión                 | Cuello de Pesca            |  | Longitud (ft)                          | Longitud acum. (ft) | Peso acum. (Kib) |  |
|                                    |                                    |                     |                          |                       |                          | OD (pulg)                  | Long. (ft)                               |  |                     |                  |  |
| 1                                  | Broca PDC de 8 1/2"                | 6                   | 2 1/4                    | 8 1/2                 | 4 1/2 Reg P              |                            |  | 0.97                                   | 0.97                | 0.1              |  |
| 2                                  | Motor 7.8 5.0 con camisa de 8 1/4" | 6 3/4               | 5 1/2                    | 8 1/4                 | 4 1/2 Reg B x 4 1/2 IF B | 6 3/5                      | 3.09                                     | 26.87                                  | 27.84               | 2.5              |  |
| 3                                  | Float Sub                          | 6 3/4               | 2 13/16                  |                       | 4 1/2 IF P x 4 1/2 B     |                            |  | 2.04                                   | 29.88               | 2.7              |  |
| 4                                  | Monel Corto                        | 6 1/2               | 2 13/16                  |                       | 4 1/2 IF P x 4 1/2 B     |                            |  | 14.69                                  | 44.57               | 4.0              |  |
| 5                                  | MWD                                | 6 3/4               | 5 6/55                   |                       | 4 1/2 IF P x 4 1/2 B     |                            |  | 27.88                                  | 72.45               | 6.4              |  |
| 6                                  | Monel                              | 6 1/2               | 2 13/16                  |                       | 4 1/2 IF P x 4 1/2 B     |                            |  | 30.37                                  | 102.82              | 9.2              |  |
| 7                                  | 36 x 5" HWDP                       | 5                   | 3                        | 6 1/2                 | 4 1/2 IF P x 4 1/2 B     |                            |  | 1103.69                                | 1206.51             | 64.8             |  |
| 8                                  | Martillo Hidráulico                | 6 7/16              | 2 7/8                    |                       | 4 1/2 IF P x 4 1/2 B     | 6 1/2                      | 0.80                                     | 32.04                                  | 1238.55             | 67.0             |  |
| 9                                  | 3 x 5" HWDP                        | 5                   | 3                        | 6 1/2                 | 4 1/2 IF P x 4 1/2 B     |                            |  | 91.96                                  | 1330.51             | 71.9             |  |
| 10                                 | Crossover                          | 5                   | 2 13/16                  |                       | 4 1/2 IF P x 5 1/2 XT B  |                            |  | 3.29                                   | 1333.80             | 72.1             |  |
| Datos de Estabilizador             |                                    |                     | Broca                    |                       |                          | Longitud total (ft)        |  |  |                     | 1333.80          |  |
| Distancia de aleta a la Broca (ft) | OD aleta (pulg)                    | Longitud aleta (ft) | Cantidad                 | ID (1/32)             |                          | Peso Total en Aire (Kib)   |  |  |                     | 72.1             |  |
|                                    |                                    |                     | 6                        | 12                    |                          | Peso Total Sumergido (Kib) |  |  |                     | 61.1             |  |
| 2.874                              | 8 1/4                              | 0.98                | TFA (pulg <sup>2</sup> ) |                       | 0.663                    |                            | Peso Sumergido debajo del Martillo (Kib) |  | 54.9                |                  |  |
|                                    |                                    |                     |                          |                       |                          |                            |  | Peso en Aire debajo del Martillo (Kib) |                     | 64.8             |  |

Figura 8 - 14: BHA 8 1/2" Pozo 4  
Reporte Direccional Final del Pozo

| Nombre de Pozo                     |                                    | Pozo 5              |                          | BHA #                 |                          | 5                          |  | Profundidad de Entrada                 |                     | 6330             |  |
|------------------------------------|------------------------------------|---------------------|--------------------------|-----------------------|--------------------------|----------------------------|--|--|---------------------|------------------|--|
| Sección (pulg)                     |                                    | 8 1/2               |                          | Profundidad de Salida |                          |                            |  |  |                     | 7182             |  |
| #                                  | Descripción                        | OD (pulg)           | ID (pulg)                | Max OD (pulg)         | Conexión                 | Cuello de Pesca            |  | Longitud (ft)                          | Longitud acum. (ft) | Peso acum. (Kib) |  |
|                                    |                                    |                     |                          |                       |                          | OD (pulg)                  | Long. (ft)                               |  |                     |                  |  |
| 1                                  | Broca PDC de 8 1/2"                | 6                   | 2 1/4                    | 8 1/2                 | 4 1/2 Reg P              |                            |  | 0.97                                   | 0.97                | 0.1              |  |
| 2                                  | Motor 7.8 5.0 con camisa de 8 1/4" | 6 3/4               | 5 1/2                    | 8 1/4                 | 4 1/2 Reg B x 4 1/2 IF B | 6 11/16                    | 3.08                                     | 26.99                                  | 27.96               | 2.5              |  |
| 3                                  | Float Sub                          | 6 3/4               | 2 11/16                  |                       | 4 1/2 IF P x 4 1/2 B     |                            |  | 2.38                                   | 30.34               | 2.7              |  |
| 4                                  | Monel Corto                        | 6 13/16             | 2 7/8                    |                       | 4 1/2 IF P x 4 1/2 B     |                            |  | 14.90                                  | 45.24               | 4.3              |  |
| 5                                  | MWD                                | 6 3/4               | 5 6/55                   |                       | 4 1/2 IF P x 4 1/2 B     |                            |  | 27.31                                  | 72.55               | 6.6              |  |
| 6                                  | Monel                              | 6 21/32             | 2 27/32                  |                       | 4 1/2 IF P x 4 1/2 B     |                            |  | 30.10                                  | 102.65              | 9.5              |  |
| 7                                  | 36 x 5" HWDP                       | 5                   | 3                        | 6 1/2                 | 4 1/2 IF P x 4 1/2 B     |                            |  | 1103.75                                | 1206.40             | 65.1             |  |
| 8                                  | Martillo Hidráulico                | 6 7/16              | 2 7/8                    |                       | 4 1/2 IF P x 4 1/2 B     | 6 7/16                     | 1.42                                     | 32.22                                  | 1238.62             | 67.3             |  |
| 9                                  | 3 x 5" HWDP                        | 5                   | 3                        | 6 1/2                 | 4 1/2 IF P x 4 1/2 B     |                            |  | 91.96                                  | 1330.58             | 72.2             |  |
| 10                                 | Crossover                          | 5                   | 2 13/16                  |                       | 4 1/2 IF P x 5 1/2 XT B  |                            |  | 2.64                                   | 1333.22             | 72.4             |  |
| Datos de Estabilizador             |                                    |                     | Broca                    |                       |                          | Longitud total (ft)        |  |  |                     | 1333.22          |  |
| Distancia de aleta a la Broca (ft) | OD aleta (pulg)                    | Longitud aleta (ft) | Cantidad                 | ID (1/32)             |                          | Peso Total en Aire (Kib)   |  |  |                     | 72.4             |  |
|                                    |                                    |                     | 6                        | 12                    |                          | Peso Total Sumergido (Kib) |  |  |                     | 61.4             |  |
| 2.910                              | 8 1/4                              | 0.66                | TFA (pulg <sup>2</sup> ) |                       | 0.663                    |                            | Peso Sumergido debajo del Martillo (Kib) |  | 55.2                |                  |  |
|                                    |                                    |                     |                          |                       |                          |                            |  | Peso en Aire debajo del Martillo (Kib) |                     | 65.1             |  |

Figura 8 - 15: BHA 8 1/2" Pozo 5  
Reporte Direccional Final del Pozo

| Nombre de Pozo                     |                                    | Pozo 6          |                     |               | BHA #                    | 5  | Profundidad de Entrada |               | 6825                |                  |
|------------------------------------|------------------------------------|-----------------|---------------------|---------------|--------------------------|--|------------------------|---------------|---------------------|------------------|
| Sección (pulg)                     |                                    | 8 1/2           |                     |               | Profundidad de Salida    |  | 7830                   |               |                     |                  |
| #                                  | Descripción                        | OD (pulg)       | ID (pulg)           | Max OD (pulg) | Conexión                 | Cuello de Pesca                          |                        | Longitud (ft) | Longitud acum. (ft) | Peso acum. (Klb) |
|                                    |                                    |                 |                     |               |                          | OD (pulg)                                | Long. (ft)             |               |                     |                  |
| 1                                  | Broca PDC de 8 1/2"                | 6               | 2 1/4               | 8 1/2         | 4 1/2 Reg P              |  |                        | 0.97          | 0.97                | 0.1              |
| 2                                  | Motor 7-8 5.0 con camisa de 8 1/4" | 6 3/4           | 5 1/2               | 8 1/4         | 4 1/2 Reg B x 4 1/2 IF B | 6 23/32                                  | 3.00                   | 26.87         | 27.84               | 2.5              |
| 3                                  | Float Sub                          | 6 3/4           | 2 11/16             |               | 4 1/2 IF P x 4 1/2 B     |  |                        | 2.40          | 30.24               | 2.7              |
| 4                                  | Monel Corto                        | 6 23/32         | 2 13/16             |               | 4 1/2 IF P x 4 1/2 B     |  |                        | 12.19         | 42.43               | 3.9              |
| 5                                  | MWD                                | 6 3/4           | 5 6/55              |               | 4 1/2 IF P x 4 1/2 B     |  |                        | 27.95         | 70.38               | 6.3              |
| 6                                  | Monel                              | 6 9/16          | 2 7/8               |               | 4 1/2 IF P x 4 1/2 B     |  |                        | 30.49         | 100.87              | 9.1              |
| 7                                  | 36 x 5" HWDP                       | 5               | 3                   | 6 1/2         | 4 1/2 IF P x 4 1/2 B     |  |                        | 1103.69       | 1204.56             | 64.7             |
| 8                                  | Martillo Hidráulico                | 6 7/16          | 2 7/8               |               | 4 1/2 IF P x 4 1/2 B     | 6 7/16                                   | 1.42                   | 31.82         | 1236.38             | 66.9             |
| 9                                  | 3 x 5" HWDP                        | 5               | 3                   | 6 1/2         | 4 1/2 IF P x 4 1/2 B     |  |                        | 91.96         | 1328.34             | 71.9             |
| 10                                 | Crossover                          | 5               | 2 13/16             |               | 4 1/2 IF P x 5 1/2 XT B  |  |                        | 2.62          | 1330.96             | 72.0             |
| <b>Datos de Estabilizador</b>      |                                    |                 |                     |               | <b>Broca</b>             |  | Longitud total (ft)    |               | 1330.96             |                  |
| Distancia de aleta a la Broca (ft) |                                    | OD aleta (pulg) | Longitud aleta (ft) | Cantidad      | ID (1/32)                | Peso Total en Aire (Klb)                 |                        | 72.0          |                     |                  |
| 2.870                              |                                    | 8 1/4           | 0.66                | 6             | 12                       | Peso Total Sumergido (Klb)               |                        | 61.1          |                     |                  |
|                                    |                                    |                 |                     | TFA (pulg2)   | 0.663                    | Peso Sumergido debajo del Martillo (Klb) |                        | 54.9          |                     |                  |
|                                    |                                    |                 |                     |               |                          | Peso en Aire debajo del Martillo (Klb)   |                        | 64.7          |                     |                  |

**Figura 8 - 16: BHA 8 1/2" Pozo 6**  
Reporte Direccional Final del Pozo

| Nombre de Pozo                     |                                    | Pozo 7          |                     |               | BHA #                    | 8  | Profundidad de Entrada |               | 6348                |                  |
|------------------------------------|------------------------------------|-----------------|---------------------|---------------|--------------------------|--|------------------------|---------------|---------------------|------------------|
| Sección (pulg)                     |                                    | 8 1/2           |                     |               | Profundidad de Salida    |  | 7268                   |               |                     |                  |
| #                                  | Descripción                        | OD (pulg)       | ID (pulg)           | Max OD (pulg) | Conexión                 | Cuello de Pesca                          |                        | Longitud (ft) | Longitud acum. (ft) | Peso acum. (Klb) |
|                                    |                                    |                 |                     |               |                          | OD (pulg)                                | Long. (ft)             |               |                     |                  |
| 1                                  | Broca PDC de 8 1/2"                | 6               | 2 1/4               | 8 1/2         | 4 1/2 Reg P              |  |                        | 0.97          | 0.97                | 0.1              |
| 2                                  | Motor 7-8 5.0 con camisa de 8 1/4" | 6 3/4           | 5 1/2               | 8 1/4         | 4 1/2 Reg B x 4 1/2 IF B | 6 23/32                                  | 3.00                   | 26.90         | 27.87               | 2.5              |
| 3                                  | Float Sub                          | 6 23/39         | 2 29/32             |               | 4 1/2 IF P x 4 1/2 B     |  |                        | 2.03          | 29.90               | 2.7              |
| 4                                  | Monel Corto                        | 6 23/32         | 2 29/32             |               | 4 1/2 IF P x 4 1/2 B     |  |                        | 8.79          | 38.69               | 3.5              |
| 5                                  | MWD                                | 6 39/50         | 5 1/8               |               | 4 1/2 IF P x 4 1/2 B     |  |                        | 28.20         | 66.89               | 5.9              |
| 6                                  | Monel                              | 6 28/39         | 2 43/51             |               | 4 1/2 IF P x 4 1/2 B     |  |                        | 30.41         | 97.30               | 8.9              |
| 7                                  | 26 x 5" HWDP                       | 5               | 3                   | 6 1/2         | 4 1/2 IF P x 4 1/2 B     |  |                        | 792.96        | 890.26              | 48.9             |
| 8                                  | Martillo Hidráulico                | 6 7/16          | 2 15/16             |               | 4 1/2 IF P x 4 1/2 B     | 6 7/16                                   | 1.42                   | 31.97         | 922.23              | 51.1             |
| 9                                  | 3 x 5" HWDP                        | 5               | 3                   | 6 1/2         | 4 1/2 IF P x 4 1/2 B     |  |                        | 59.21         | 981.44              | 54.3             |
| 10                                 | Crossover                          | 5               | 2 13/16             |               | 4 1/2 IF P x 5 1/2 XT B  |  |                        | 2.45          | 983.89              | 54.4             |
| <b>Datos de Estabilizador</b>      |                                    |                 |                     |               | <b>Broca</b>             |  | Longitud total (ft)    |               | 983.89              |                  |
| Distancia de aleta a la Broca (ft) |                                    | OD aleta (pulg) | Longitud aleta (ft) | Cantidad      | ID (1/32)                | Peso Total en Aire (Klb)                 |                        | 54.4          |                     |                  |
| 2.870                              |                                    | 8 1/4           | 0.66                | 6             | 12                       | Peso Total Sumergido (Klb)               |                        | 46.2          |                     |                  |
|                                    |                                    |                 |                     | TFA (pulg2)   | 0.663                    | Peso Sumergido debajo del Martillo (Klb) |                        | 41.6          |                     |                  |
|                                    |                                    |                 |                     |               |                          | Peso en Aire debajo del Martillo (Klb)   |                        | 48.9          |                     |                  |

**Figura 8 - 17: BHA 8 1/2" Pozo 7**  
Reporte Direccional Final del Pozo

| Nombre de Pozo                     |                                    | Pozo 8          |                     |               | BHA #                    | 6  | Profundidad de Entrada |               | 7682                |                  |
|------------------------------------|------------------------------------|-----------------|---------------------|---------------|--------------------------|--|------------------------|---------------|---------------------|------------------|
| Sección (pulg)                     |                                    | 8 1/2           |                     |               | Profundidad de Salida    |  | 8820                   |               |                     |                  |
| #                                  | Descripción                        | OD (pulg)       | ID (pulg)           | Max OD (pulg) | Conexión                 | Cuello de Pesca                          |                        | Longitud (ft) | Longitud acum. (ft) | Peso acum. (Klb) |
|                                    |                                    |                 |                     |               |                          | OD (pulg)                                | Long. (ft)             |               |                     |                  |
| 1                                  | Broca PDC de 8 1/2"                | 6               | 2 1/4               | 8 1/2         | 4 1/2 Reg P              |  |                        | 0.97          | 0.97                | 0.1              |
| 2                                  | Motor 7-8 5.0 con camisa de 8 1/4" | 6 3/4           | 5 1/2               | 8 1/4         | 4 1/2 Reg B x 4 1/2 IF B | 6 3/4                                    | 3.00                   | 26.90         | 27.87               | 2.5              |
| 3                                  | Float Sub                          | 6 5/8           | 2 29/32             |               | 4 1/2 IF P x 4 1/2 B     |  |                        | 2.03          | 29.90               | 2.7              |
| 4                                  | Monel Corto                        | 6 23/32         | 2 13/16             |               | 4 1/2 IF P x 4 1/2 B     |  |                        | 12.20         | 42.10               | 3.9              |
| 5                                  | MWD                                | 6 3/4           | 5 1/8               |               | 4 1/2 IF P x 4 1/2 B     |  |                        | 27.62         | 69.72               | 6.2              |
| 6                                  | Monel                              | 6 3/4           | 2 7/8               |               | 4 1/2 IF P x 4 1/2 B     |  |                        | 30.47         | 100.19              | 9.2              |
| 7                                  | 34 x 5" HWDP                       | 5               | 3                   | 6 1/2         | 4 1/2 IF P x 4 1/2 B     |  |                        | 1032.99       | 1133.18             | 61.3             |
| 8                                  | Martillo Hidráulico                | 6 3/8           | 2 3/4               |               | 4 1/2 IF P x 4 1/2 B     | 6 3/8                                    | 1.71                   | 31.74         | 1164.92             | 63.5             |
| 9                                  | 3 x 5" HWDP                        | 5               | 3                   | 6 1/2         | 4 1/2 IF P x 4 1/2 B     |  |                        | 178.77        | 1343.69             | 73.1             |
| 10                                 | Crossover                          | 5               | 2 13/16             |               | 4 1/2 IF P x 5 1/2 XT B  |  |                        | 2.62          | 1346.31             | 73.2             |
| <b>Datos de Estabilizador</b>      |                                    |                 |                     |               | <b>Broca</b>             |  | Longitud total (ft)    |               | 1346.31             |                  |
| Distancia de aleta a la Broca (ft) |                                    | OD aleta (pulg) | Longitud aleta (ft) | Cantidad      | ID (1/32)                | Peso Total en Aire (Klb)                 |                        | 73.2          |                     |                  |
| 2.85                               |                                    | 8 1/4           | 0.59                | 3             | 11                       | Peso Total Sumergido (Klb)               |                        | 62.0          |                     |                  |
|                                    |                                    |                 |                     | TFA (pulg2)   | 0.61                     | Peso Sumergido debajo del Martillo (Klb) |                        | 51.9          |                     |                  |
|                                    |                                    |                 |                     |               |                          | Peso en Aire debajo del Martillo (Klb)   |                        | 61.3          |                     |                  |

**Figura 8 - 18: BHA 8 1/2" Pozo 8**  
Reporte Direccional Final del Pozo



8.4. Slide Sheet Sección 16”

| Nombre de Pozo       |            | Pozo 3  |        | Sección (pulg)      |          | 16        |          | BHA #       |         | 2       |               | Resumen    |                       |       |         |         |        |           |
|----------------------|------------|---------|--------|---------------------|----------|-----------|----------|-------------|---------|---------|---------------|------------|-----------------------|-------|---------|---------|--------|-----------|
| Información de Broca |            |         |        | Evaluación de Broca |          |           |          |             |         |         |               | Drill Mode |                       |       |         |         |        |           |
| Jets (1/32)          | 2x13, 5x14 |         |        | In Row              | Out Row  | Dull Char | Location | Bearings    | Gauge   | Other   | Reason Pulled | Rotando    | Intervalo             | Hrs   | ROP     | % Perf. |        |           |
| TFA (pulg2)          | 1.011      | Entrada |        |                     |          |           |          |             |         |         |               | Deslizando | 421                   | 2.52  | 167.1   | 13%     |        |           |
| IADC                 | S123       | Salida  | 1      | 1                   | WT       | S         | X        | I           | BT      | TD      |               | Perforando | 3349                  | 14.06 | 238.2   | 100%    |        |           |
| Intervalo (ft)       |            | Curso   | Tiempo | ROP                 | Modo     | Tooface   | WOB      | Torque      | Caudal  | SPP Off | SPP On        | Diff       | Peso de Lodo (lb/gal) | RPM   | Svy MD  | Incl    | Azmt   | DLS       |
| Desde                | Hasta      | ft      | (h)    | ft/h                |          | deg       | 1000 lbf | 1000 ft.lbf | gal/min | psi     | psi           | psi        |                       |       | ft      | deg     | deg    | deg/100ft |
| 411.00               | 445.00     | 34.00   | 0.13   | 255.00              | Rotating |           | 10       | 5           | 550     | 600     | 750           | 150        | 9.00                  | 60    |         |         |        |           |
| 445.00               | 533.00     | 88.00   | 0.27   | 330.00              | Rotating |           | 12       | 5           | 550     | 600     | 750           | 150        | 9.00                  | 60    | 500.00  | 0.28    | 283.30 | 0.32      |
| 533.00               | 644.00     | 111.00  | 0.35   | 317.14              | Rotating |           | 13       | 5           | 650     | 850     | 1000          | 150        | 9.00                  | 60    | 600.00  | 0.33    | 274.58 | 0.37      |
| 644.00               | 730.00     | 86.00   | 0.28   | 303.53              | Rotating |           | 20       | 5           | 800     | 1360    | 1660          | 300        | 9.00                  | 70    | 700.00  | 0.46    | 281.75 | 0.14      |
| 730.00               | 823.00     | 93.00   | 0.25   | 372.00              | Rotating |           | 18       | 5           | 1000    | 2000    | 2300          | 300        | 9.00                  | 70    | 800.00  | 0.45    | 294.13 | 0.45      |
| 823.00               | 858.00     | 35.00   | 0.18   | 190.91              | Sliding  | 333       | 10       |             | 1000    | 2150    | 2250          | 100        | 9.00                  |       |         |         |        |           |
| 858.00               | 917.00     | 59.00   | 0.22   | 272.31              | Rotating |           | 20       | 5           | 1000    | 2150    | 2450          | 300        | 9.00                  | 40    | 900.00  | 2.26    | 329.36 | 1.91      |
| 917.00               | 940.00     | 23.00   | 0.17   | 138.00              | Sliding  | 333       | 10       |             | 1000    | 2150    | 2250          | 100        | 9.00                  |       |         |         |        |           |
| 940.00               | 952.00     | 12.00   | 0.07   | 180.00              | Sliding  | 333       | 10       |             | 1100    | 2650    | 2750          | 100        | 9.00                  |       |         |         |        |           |
| 952.00               | 1009.00    | 57.00   | 0.18   | 310.91              | Rotating |           | 20       | 6           | 1100    | 2650    | 2950          | 300        | 9.00                  | 40    | 1000.00 | 4.46    | 334.70 | 2.22      |
| 1009.00              | 1034.00    | 25.00   | 0.13   | 192.31              | Sliding  | 335       | 10       |             | 1100    | 2650    | 2800          | 150        | 9.00                  |       |         |         |        |           |
| 1034.00              | 1051.00    | 17.00   | 0.05   | 340.00              | Rotating |           | 20       | 8           | 1100    | 2650    | 2950          | 300        | 9.00                  | 40    |         |         |        |           |
| 1051.00              | 1100.00    | 49.00   | 0.15   | 326.67              | Rotating |           | 20       | 8           | 1100    | 2650    | 2900          | 250        | 9.00                  | 60    | 1100.00 | 5.45    | 335.30 | 0.99      |
| 1100.00              | 1193.00    | 93.00   | 0.37   | 251.35              | Rotating |           | 20       | 8           | 1100    | 2600    | 2900          | 300        | 9.00                  | 60    | 1100.00 | 5.45    | 335.30 | 0.99      |
| 1193.00              | 1210.00    | 17.00   | 0.15   | 113.33              | Sliding  | 70        | 10       |             | 1050    | 2710    | 2890          | 180        | 9.20                  |       | 1200.00 | 5.75    | 338.00 | 0.40      |
| 1210.00              | 1224.00    | 14.00   | 0.07   | 200.00              | Rotating |           | 22       | 9           | 1050    | 2710    | 2980          | 270        | 9.20                  | 40    |         |         |        |           |
| 1224.00              | 1237.00    | 13.00   | 0.08   | 162.50              | Sliding  | 20        | 12       |             | 1050    | 2850    | 3000          | 150        | 9.20                  |       |         |         |        |           |
| 1237.00              | 1257.00    | 20.00   | 0.07   | 285.71              | Rotating |           | 22       | 10          | 1050    | 2850    | 3100          | 250        | 9.20                  | 40    |         |         |        |           |
| 1257.00              | 1316.00    | 59.00   | 0.22   | 268.18              | Rotating |           | 23       | 9           | 1050    | 2850    | 3100          | 250        | 9.20                  | 60    | 1300.00 | 6.64    | 344.34 | 1.12      |
| 1316.00              | 1341.00    | 25.00   | 0.15   | 166.67              | Sliding  | 50        | 18       |             | 1050    | 2980    | 3160          | 180        | 9.20                  |       |         |         |        |           |
| 1341.00              | 1360.00    | 19.00   | 0.07   | 271.43              | Rotating |           | 22       | 10          | 1050    | 2980    | 3280          | 300        | 9.20                  | 40    |         |         |        |           |
| 1360.00              | 1384.00    | 24.00   | 0.07   | 342.86              | Rotating |           | 22       | 10          | 1050    | 2980    | 3300          | 320        | 9.20                  | 60    |         |         |        |           |
| 1384.00              | 1408.00    | 24.00   | 0.07   | 342.86              | Rotating |           | 20       | 10          | 1050    | 2950    | 3250          | 300        | 9.20                  | 60    |         |         |        |           |
| 1408.00              | 1430.00    | 22.00   | 0.20   | 110.00              | Sliding  | 45        | 12       |             | 1050    | 3000    | 3180          | 180        | 9.20                  |       |         |         |        |           |
| 1430.00              | 1435.00    | 5.00    | 0.02   | 250.00              | Sliding  | 30        | 12       |             | 1050    | 2980    | 3150          | 170        | 9.20                  |       | 1431.14 | 8.35    | 353.01 | 1.58      |
| 1435.00              | 1451.00    | 16.00   | 0.07   | 228.57              | Rotating |           | 25       | 11          | 1050    | 2980    | 3300          | 320        | 9.20                  | 40    |         |         |        |           |
| 1451.00              | 1506.00    | 55.00   | 0.15   | 366.67              | Rotating |           | 23       | 11          | 1050    | 2980    | 3300          | 320        | 9.20                  | 60    |         |         |        |           |
| 1506.00              | 1534.00    | 28.00   | 0.18   | 155.56              | Sliding  | 0         | 12       |             | 1050    | 2980    | 3180          | 200        | 9.20                  |       | 1523.98 | 9.79    | 354.70 | 1.58      |
| 1534.00              | 1553.00    | 19.00   | 0.07   | 271.43              | Rotating |           | 24       | 11          | 1050    | 2980    | 3280          | 300        | 9.20                  | 40    |         |         |        |           |
| 1553.00              | 1600.00    | 47.00   | 0.15   | 313.33              | Rotating |           | 24       | 11          | 1050    | 2980    | 3280          | 300        | 9.20                  | 60    |         |         |        |           |
| 1600.00              | 1628.00    | 28.00   | 0.17   | 155.56              | Sliding  | -10       | 12       |             | 1050    | 2980    | 3150          | 170        | 9.50                  |       | 1620.03 | 11.45   | 354.11 | 1.73      |
| 1628.00              | 1660.00    | 32.00   | 0.12   | 246.15              | Rotating |           | 23       | 11          | 1050    | 2980    | 3300          | 320        | 9.50                  | 40    |         |         |        |           |
| 1660.00              | 1694.00    | 34.00   | 0.10   | 340.00              | Rotating |           | 23       | 11          | 1050    | 2980    | 3300          | 320        | 9.50                  | 60    |         |         |        |           |
| 1694.00              | 1720.00    | 26.00   | 0.17   | 144.44              | Sliding  | -10       | 10       |             | 1050    | 3050    | 3200          | 150        | 9.50                  |       | 1714.86 | 13.04   | 353.06 | 1.69      |
| 1720.00              | 1736.00    | 16.00   | 0.07   | 228.57              | Rotating |           | 24       | 12          | 1050    | 3050    | 3350          | 300        | 9.50                  | 40    |         |         |        |           |
| 1736.00              | 1789.00    | 53.00   | 0.17   | 294.44              | Rotating |           | 25       | 12          | 1050    | 3050    | 3350          | 300        | 9.60                  | 60    |         |         |        |           |
| 1789.00              | 1817.00    | 28.00   | 0.17   | 164.71              | Sliding  | 30        | 15       |             | 1100    | 3250    | 3420          | 170        | 9.60                  |       | 1808.83 | 14.54   | 354.34 | 1.63      |
| 1817.00              | 1833.00    | 16.00   | 0.07   | 228.57              | Rotating |           | 25       | 12          | 1100    | 3250    | 3550          | 300        | 9.60                  | 40    |         |         |        |           |
| 1833.00              | 1883.00    | 50.00   | 0.20   | 250.00              | Rotating |           | 25       | 12          | 1100    | 3250    | 3550          | 300        | 9.70                  | 60    |         |         |        |           |
| 1883.00              | 1911.00    | 28.00   | 0.12   | 215.38              | Sliding  | 35        | 18       |             | 1100    | 3250    | 3410          | 160        | 9.70                  |       | 1903.83 | 15.84   | 357.19 | 1.58      |
| 1911.00              | 1929.00    | 18.00   | 0.07   | 257.14              | Rotating |           | 25       | 12          | 1100    | 3250    | 3550          | 300        | 9.70                  | 40    |         |         |        |           |
| 1929.00              | 1979.00    | 50.00   | 0.22   | 217.39              | Rotating |           | 25       | 12          | 1100    | 3250    | 3520          | 270        | 9.70                  | 60    |         |         |        |           |
| 1979.00              | 2007.00    | 28.00   | 0.18   | 152.73              | Sliding  | 28        | 18       |             | 1100    | 3290    | 3460          | 170        | 9.70                  |       | 1997.91 | 17.46   | 357.89 | 1.74      |
| 2007.00              | 2072.00    | 65.00   | 0.25   | 260.00              | Rotating |           | 25       | 12          | 1100    | 3290    | 3590          | 300        | 9.70                  | 40    |         |         |        |           |
| 2072.00              | 2100.00    | 28.00   | 0.20   | 140.00              | Sliding  | 0         | 12       |             | 1100    | 3290    | 3390          | 100        | 9.70                  |       | 2093.38 | 18.90   | 358.24 | 1.51      |
| 2100.00              | 2167.00    | 67.00   | 0.23   | 287.14              | Rotating |           | 25       | 12          | 1100    | 3260    | 3560          | 300        | 9.70                  | 40    |         |         |        |           |
| 2167.00              | 2200.00    | 33.00   | 0.15   | 220.00              | Sliding  | 0         | 16       |             | 1100    | 3240    | 3350          | 110        | 9.70                  |       | 2189.48 | 20.31   | 0.92   | 1.74      |
| 2200.00              | 2263.00    | 63.00   | 0.28   | 222.35              | Rotating |           | 18       | 12          | 1100    | 3280    | 3580          | 300        | 9.70                  | 40    |         |         |        |           |
| 2263.00              | 2280.00    | 17.00   | 0.07   | 255.00              | Sliding  | -30       | 14       |             | 1100    | 3250    | 3350          | 100        | 9.70                  |       |         |         |        |           |
| 2280.00              | 2357.00    | 77.00   | 0.55   | 140.00              | Rotating |           | 18       | 12          | 1100    | 3250    | 3550          | 300        | 9.70                  | 40    | 2284.24 | 21.52   | 1.21   | 1.28      |
| 2357.00              | 2428.00    | 71.00   | 0.37   | 193.64              | Rotating |           | 20       | 12          | 1100    | 3260    | 3560          | 300        | 9.70                  | 70    | 2377.12 | 21.58   | 1.06   | 0.09      |
| 2428.00              | 2450.00    | 22.00   | 0.12   | 188.57              | Rotating |           | 20       | 12          | 1100    | 3290    | 3590          | 300        | 9.70                  | 70    |         |         |        |           |
| 2450.00              | 2543.00    | 93.00   | 0.48   | 192.41              | Rotating |           | 20       | 13          | 1100    | 3320    | 3620          | 300        | 9.70                  | 70    | 2469.57 | 21.90   | 1.04   | 0.35      |
| 2543.00              | 2637.00    | 94.00   | 0.42   | 225.60              | Rotating |           | 18       | 13          | 1100    | 3280    | 3580          | 300        | 9.70                  | 90    | 2565.18 | 21.83   | 0.97   | 0.08      |
| 2637.00              | 2731.00    | 94.00   | 0.35   | 268.57              | Rotating |           | 18       | 13          | 1100    | 3250    | 3550          | 300        | 9.80                  | 90    | 2657.01 | 21.88   | 0.50   | 0.20      |
| 2731.00              | 2825.00    | 94.00   | 0.40   | 235.00              | Rotating |           | 18       | 13          | 1100    | 3300    | 3600          | 300        | 9.80                  | 90    | 2753.39 | 22.25   | 359.93 | 0.44      |
| 2825.00              | 2920.00    | 95.00   | 0.43   | 219.23              | Rotating |           | 19       | 13          | 1100    | 3350    | 3650          | 300        | 9.80                  | 90    | 2847.44 | 22.50   | 359.32 | 0.36      |
| 2920.00              | 3014.00    | 94.00   | 0.35   | 268.57              | Rotating |           | 20       | 13          | 1100    | 3370    | 3670          | 300        | 9.80                  | 90    | 2942.69 | 22.55   | 358.88 | 0.18      |
| 3014.00              | 3108.00    | 94.00   | 0.38   | 247.37              | Rotating |           | 20       | 13          | 1100    | 3240    | 3540          | 300        | 9.80                  | 90    | 3035.67 | 22.65   | 358.37 | 0.24      |
| 3108.00              | 3129.00    | 21.00   | 0.08   | 262.50              | Rotating |           | 15       | 12          | 1100    | 3420    | 3670          | 250        | 9.80                  | 70    |         |         |        |           |
| 3129.00              | 3203.00    | 74.00   | 0.27   | 274.07              | Rotating |           | 20       | 13          | 1030    | 3080    | 3380          | 300        | 9.80                  | 70    | 3130.82 | 22.67   | 359.01 | 0.15      |
| 3203.00              | 3300.00    | 97.00   | 0.43   | 225.58              | Rotating |           | 22       | 13          | 1030    | 3060    | 3360          | 300        | 9.80                  | 70    | 3227.39 | 22.73   | 357.91 | 0.07      |
| 3300.00              | 3394.00    | 94.00   | 0.40   | 235.00              | Rotating |           | 22       | 13          | 1030    | 3070    | 3400          | 330        | 9.80                  | 70    | 3322.14 | 22.77   | 357.95 | 0.05      |
| 3394.00              | 3465.00    | 71.00   | 0.30   | 236.67              | Rotating |           | 18       | 14          | 1070    | 3400    | 3700          | 300        | 9.80                  | 70    | 3418.08 | 22.83   | 357.47 | 0.20      |
| 3465.00              | 3491.00    | 26.00   | 0.08   | 325.00              | Rotating |           | 22       | 14          | 1070    | 3400    | 3700          | 300        | 9.80                  | 70    |         |         |        |           |
| 3491.00              | 3586.00    | 95.00   | 0.40   | 237.50              | Rotating |           | 22       | 15          | 1100    | 3500    | 3800          | 300        | 9.80                  | 70    | 3514.38 | 22.80   | 357.60 | 0.06      |
| 3586.00              | 3681.00    | 95.00   | 0.37   | 256.76              | Rotating |           | 22       | 15          | 1100    | 3500    | 3800          | 300        | 10.00                 | 70    | 3608.68 | 22.84   | 357.15 | 0.18      |
| 3681.00              | 3760.00    | 79.00   | 0.35   | 225.71              | Rotating |           | 24       | 16          | 1100    | 3500    | 3800          | 300        | 10.20                 | 70    |         |         |        |           |

Figura 8 - 19: Slide Sheet 16” Pozo 3  
Reporte Direccional Final del Pozo

| Nombre de Pozo       | Pozo 4     | Sección (pulg)      | 16      | BHA #     | 2        | Resumen  |       |       |               |            |            |           |       |       |         |
|----------------------|------------|---------------------|---------|-----------|----------|----------|-------|-------|---------------|------------|------------|-----------|-------|-------|---------|
| Información de Broca |            | Evaluación de Broca |         |           |          |          |       |       |               |            | Drill Mode | Intervalo | Hrs   | ROP   | % Perf. |
| Jets (1/32)          | 3x14, 4x15 | In Row              | Out Row | Dull Char | Location | Bearings | Gauge | Other | Reason Pulled | Rotando    | 2647       | 6.60      | 401.1 | 75%   |         |
| TFA (pulg2)          | 1.141      | Entrada             |         |           |          |          |       |       |               | Deslizando | 903        | 3.79      | 238.3 | 25%   |         |
| IADC                 | S123       | Salida              | 0       | 0         | NO       | A        | X     | I     | NO            | TD         | Perforando | 3550      | 10.39 | 341.7 | 100%    |

**Figura 8 - 20: Slide Sheet 16" Pozo 4 (Resultados)**  
Reporte Direccional Final del Pozo

| Nombre de Pozo       | Pozo 5     | Sección (pulg)      | 16      | BHA #     | 2        | Resumen  |       |       |               |            |            |           |       |       |         |
|----------------------|------------|---------------------|---------|-----------|----------|----------|-------|-------|---------------|------------|------------|-----------|-------|-------|---------|
| Información de Broca |            | Evaluación de Broca |         |           |          |          |       |       |               |            | Drill Mode | Intervalo | Hrs   | ROP   | % Perf. |
| Jets (1/32)          | 4x13, 3x14 | In Row              | Out Row | Dull Char | Location | Bearings | Gauge | Other | Reason Pulled | Rotando    | 2821       | 9.76      | 289.0 | 85%   |         |
| TFA (pulg2)          | 0.969      | Entrada             |         |           |          |          |       |       |               | Deslizando | 504        | 3.54      | 142.4 | 15%   |         |
| IADC                 | S123       | Salida              | 1       | 1         | WT       | S        | X     | I     | NO            | TD         | Perforando | 3325      | 13.30 | 250.0 | 100%    |

**Figura 8 - 21: Slide Sheet 16" Pozo 5 (Resultados)**  
Reporte Direccional Final del Pozo

| Nombre de Pozo       | Pozo 6     | Sección (pulg)      | 16      | BHA #     | 3        | Resumen  |       |       |               |         |            |           |       |       |         |
|----------------------|------------|---------------------|---------|-----------|----------|----------|-------|-------|---------------|---------|------------|-----------|-------|-------|---------|
| Información de Broca |            | Evaluación de Broca |         |           |          |          |       |       |               |         | Drill Mode | Intervalo | Hrs   | ROP   | % Perf. |
| Jets (1/32)          | 3x14, 4x15 | In Row              | Out Row | Dull Char | Location | Bearings | Gauge | Other | Reason Pulled | Rotando | 2829       | 5.76      | 491.1 | 81%   |         |
| TFA (pulg2)          | 1.141      | Entrada             | 0       | 0         | NO       | A        | X     | I     | WT            | BHA     | Deslizando | 656       | 1.95  | 336.4 | 19%     |
| IADC                 | S123       | Salida              | 1       | 1         | WT       | S        | X     | I     | NO            | TD      | Perforando | 3485      | 7.71  | 452.0 | 100%    |

**Figura 8 - 22: Slide Sheet 16" Pozo 6 (Resultados)**  
Reporte Direccional Final del Pozo

| Nombre de Pozo       | Pozo 7     | Sección (pulg)      | 16      | BHA #     | 3        | Resumen  |       |       |               |         |            |           |       |       |         |
|----------------------|------------|---------------------|---------|-----------|----------|----------|-------|-------|---------------|---------|------------|-----------|-------|-------|---------|
| Información de Broca |            | Evaluación de Broca |         |           |          |          |       |       |               |         | Drill Mode | Intervalo | Hrs   | ROP   | % Perf. |
| Jets (1/32)          | 3x14, 4x15 | In Row              | Out Row | Dull Char | Location | Bearings | Gauge | Other | Reason Pulled | Rotando | 2934       | 6.09      | 481.8 | 88%   |         |
| TFA (pulg2)          | 1.141      | Entrada             | 0       | 0         | NO       | A        | X     | I     | WT            | BHA     | Deslizando | 397       | 1.15  | 345.2 | 12%     |
| IADC                 | S123       | Salida              | 1       | 1         | WT       | G        | X     | I     | NO            | TD      | Perforando | 3331      | 7.24  | 460.1 | 100%    |

**Figura 8 - 23: Slide Sheet 16" Pozo 7 (Resultados)**  
Reporte Direccional Final del Pozo

| Nombre de Pozo       | Pozo 8 | Sección (pulg)      | 16      | BHA #     | 3        | Resumen  |       |       |               |         |            |           |       |       |         |
|----------------------|--------|---------------------|---------|-----------|----------|----------|-------|-------|---------------|---------|------------|-----------|-------|-------|---------|
| Información de Broca |        | Evaluación de Broca |         |           |          |          |       |       |               |         | Drill Mode | Intervalo | Hrs   | ROP   | % Perf. |
| Jets (1/32)          | 7x15   | In Row              | Out Row | Dull Char | Location | Bearings | Gauge | Other | Reason Pulled | Rotando | 2790       | 6.23      | 447.8 | 75%   |         |
| TFA (pulg2)          | 1.208  | Entrada             | 1       | 0         | WT       | C        | X     | I     | BHA           | BHA     | Deslizando | 921       | 3.46  | 266.2 | 25%     |
| IADC                 | S123   | Salida              | 1       | 1         | WT       | C        | X     | I     | CT            | TD      | Perforando | 3711      | 9.69  | 383.0 | 100%    |

**Figura 8 - 24: Slide Sheet 16" Pozo 8 (Resultados)**  
Reporte Direccional Final del Pozo



## 8.5. Slide Sheet Sección 12 ¼"

| Nombre de Pozo       |         | Pozo 3  |                     | Sección (pulg) |           | 12 ¼"    |             | BHA #   |         | 3             |            | Resumen               |       |        |         |       |           |      |
|----------------------|---------|---------|---------------------|----------------|-----------|----------|-------------|---------|---------|---------------|------------|-----------------------|-------|--------|---------|-------|-----------|------|
| Información de Broca |         |         | Evaluación de Broca |                |           |          |             |         |         |               |            | Drill Mode            |       |        |         |       |           |      |
| Jets (1/32)          | 5x15    |         | In Row              | Out Row        | Dull Char | Location | Bearings    | Gauge   | Other   | Reason Pulled | Rotando    | Intervalo             | Hrs   | ROP    | % Perf. |       |           |      |
| TFA (pulg2)          | 0.863   | Entrada |                     |                |           |          |             |         |         |               | Deslizando | 88                    | 4.01  | 21.9   | 3%      |       |           |      |
| IADC                 | M224    | Salida  | 0                   | 2              | WT        | G        | X           | I       | CT      | TD            | Perforando | 2655                  | 18.30 | 145.1  | 100%    |       |           |      |
| Intervalo (ft)       | Curso   | Tiempo  | ROP                 | Modo           | Tooface   | WOB      | Torque      | Caudal  | SPP Off | SPP On        | Diff       | Peso de Lodo (lb/gal) | RPM   | Svy MD | Incl    | Azmth | DLS       |      |
| Desde                | Hasta   | ft      | (h)                 | ft/h           | deg       | 1000 lbf | 1000 ft.lbf | gal/min | psi     | psi           | psi        |                       |       | ft     | deg     | deg   | deg/100ft |      |
| 3760.00              | 3770.00 | 10.00   | 0.10                | 100.00         | Rotating  |          | 10.0        | 11.0    | 500     | 1050.0        | 1250.0     | 200.0                 | 10.40 | 40     |         |       |           |      |
| 3770.00              | 3804.00 | 34.00   | 0.23                | 147.83         | Rotating  |          | 12.0        | 10.0    | 700     | 1250.0        | 1550.0     | 300.0                 | 9.50  | 40     |         |       |           |      |
| 3804.00              | 3842.00 | 38.00   | 0.22                | 172.73         | Rotating  |          | 13.0        | 11.0    | 800     | 1700.0        | 2000.0     | 300.0                 | 9.50  | 50     | 3831.89 | 21.79 | 357.66    | 0.62 |
| 3842.00              | 3879.00 | 37.00   | 0.17                | 217.65         | Rotating  |          | 16.0        | 12.0    | 850     | 1900.0        | 2200.0     | 300.0                 | 9.50  | 60     |         |       |           |      |
| 3879.00              | 3899.00 | 20.00   | 0.07                | 285.71         | Rotating  |          | 18.0        | 12.0    | 850     | 1900.0        | 2200.0     | 300.0                 | 9.50  | 80     |         |       |           |      |
| 3899.00              | 3993.00 | 94.00   | 0.33                | 284.85         | Rotating  |          | 15.0        | 12.0    | 850     | 1900.0        | 2200.0     | 300.0                 | 9.50  | 80     | 3925.16 | 21.24 | 357.90    | 0.60 |
| 3993.00              | 4039.00 | 46.00   | 0.17                | 270.59         | Rotating  |          | 13.0        | 11.0    | 850     | 1700.0        | 2000.0     | 300.0                 | 9.50  | 80     | 4022.03 | 21.10 | 358.41    | 0.24 |
| 4039.00              | 4089.00 | 50.00   | 0.18                | 277.78         | Rotating  |          | 18.0        | 13.0    | 850     | 1700.0        | 2000.0     | 300.0                 | 9.50  | 90     |         |       |           |      |
| 4089.00              | 4111.00 | 22.00   | 0.08                | 275.00         | Rotating  |          | 16.0        | 12.0    | 850     | 1900.0        | 2200.0     | 300.0                 | 9.50  | 90     |         |       |           |      |
| 4111.00              | 4186.00 | 75.00   | 0.27                | 277.78         | Rotating  |          | 17.0        | 13.0    | 800     | 1250.0        | 1550.0     | 300.0                 | 9.50  | 90     | 4117.78 | 21.32 | 358.20    | 0.24 |
| 4186.00              | 4282.00 | 96.00   | 0.27                | 355.56         | Rotating  |          | 16.0        | 13.0    | 850     | 2200.0        | 2500.0     | 300.0                 | 9.50  | 90     |         |       |           |      |
| 4282.00              | 4376.00 | 94.00   | 0.30                | 313.33         | Rotating  |          | 18.0        | 13.0    | 850     | 2200.0        | 2500.0     | 300.0                 | 9.50  | 90     | 4308.24 | 21.40 | 358.17    | 0.19 |
| 4376.00              | 4471.00 | 95.00   | 0.30                | 316.67         | Rotating  |          | 16.0        | 13.0    | 850     | 2200.0        | 2500.0     | 300.0                 | 9.50  | 90     | 4404.36 | 20.78 | 358.16    | 0.65 |
| 4471.00              | 4567.00 | 96.00   | 0.35                | 274.29         | Rotating  |          | 15.0        | 12.0    | 850     | 2230.0        | 2530.0     | 300.0                 | 9.70  | 50     | 4499.93 | 19.92 | 357.20    | 0.97 |
| 4567.00              | 4661.00 | 94.00   | 0.35                | 288.57         | Rotating  |          | 15.0        | 12.0    | 800     | 2050.0        | 2350.0     | 300.0                 | 9.70  | 40     | 4594.12 | 19.24 | 357.25    | 0.72 |
| 4661.00              | 4720.00 | 59.00   | 0.35                | 168.57         | Rotating  |          | 12.0        | 12.0    | 800     | 2050.0        | 2350.0     | 300.0                 | 9.70  | 40     | 4687.45 | 18.39 | 357.64    | 0.92 |
| 4720.00              | 4754.00 | 34.00   | 0.13                | 255.00         | Rotating  |          | 15.0        | 12.0    | 850     | 2270.0        | 2570.0     | 300.0                 | 9.70  | 40     |         |       |           |      |
| 4754.00              | 4849.00 | 95.00   | 0.60                | 158.33         | Rotating  |          | 15.0        | 12.0    | 870     | 2400.0        | 2700.0     | 300.0                 | 9.80  | 50     | 4783.82 | 18.54 | 357.27    | 0.20 |
| 4849.00              | 4945.00 | 96.00   | 0.67                | 144.00         | Rotating  |          | 15.0        | 12.0    | 900     | 2480.0        | 2780.0     | 300.0                 | 9.80  | 60     | 4878.88 | 18.77 | 357.46    | 0.25 |
| 4945.00              | 5040.00 | 95.00   | 0.48                | 196.55         | Rotating  |          | 15.0        | 13.0    | 900     | 2550.0        | 2850.0     | 300.0                 | 9.80  | 60     | 4974.68 | 19.24 | 357.18    | 0.50 |
| 5040.00              | 5060.00 | 20.00   | 0.12                | 171.43         | Rotating  |          | 18.0        | 13.0    | 900     | 2700.0        | 3000.0     | 300.0                 | 9.80  | 90     |         |       |           |      |
| 5060.00              | 5121.00 | 61.00   | 0.52                | 118.06         | Rotating  |          | 20.0        | 13.0    | 900     | 2680.0        | 2980.0     | 300.0                 | 9.80  | 90     | 5069.50 | 19.37 | 357.28    | 0.14 |
| 5121.00              | 5137.00 | 16.00   | 0.55                | 29.09          | Sliding   | 30       | 8.0         |         | 900     | 2650.0        | 2750.0     | 100.0                 | 9.80  | 0      |         |       |           |      |
| 5137.00              | 5231.00 | 94.00   | 0.67                | 141.00         | Rotating  |          | 20.0        | 13.0    | 900     | 2700.0        | 3000.0     | 300.0                 | 10.00 | 90     | 5163.88 | 20.36 | 358.30    | 1.11 |
| 5231.00              | 5324.00 | 93.00   | 0.73                | 126.82         | Rotating  |          | 20.0        | 14.0    | 900     | 2750.0        | 3050.0     | 300.0                 | 10.00 | 90     | 5258.90 | 20.62 | 359.03    | 0.38 |
| 5324.00              | 5421.00 | 97.00   | 0.63                | 153.16         | Rotating  |          | 20.0        | 14.0    | 900     | 2800.0        | 3100.0     | 300.0                 | 10.00 | 90     | 5354.38 | 20.82 | 358.73    | 0.24 |
| 5421.00              | 5517.00 | 96.00   | 0.65                | 147.69         | Rotating  |          | 20.0        | 14.0    | 900     | 2900.0        | 3200.0     | 300.0                 | 10.00 | 90     | 5450.35 | 21.09 | 358.30    | 0.32 |
| 5517.00              | 5582.00 | 65.00   | 0.37                | 175.68         | Rotating  |          | 20.0        | 14.0    | 900     | 2950.0        | 3250.0     | 300.0                 | 10.00 | 90     | 5545.67 | 21.42 | 357.93    | 0.37 |
| 5582.00              | 5614.00 | 32.00   | 0.18                | 177.78         | Rotating  |          | 20.0        | 15.0    | 900     | 3100.0        | 3400.0     | 300.0                 | 10.10 | 90     |         |       |           |      |
| 5614.00              | 5630.00 | 16.00   | 0.72                | 22.22          | Sliding   | 60       | 9.0         |         | 900     | 3050.0        | 3180.0     | 130.0                 | 10.10 |        |         |       |           |      |
| 5630.00              | 5646.00 | 16.00   | 0.10                | 160.00         | Rotating  |          | 15.0        | 15.0    | 900     | 3050.0        | 3350.0     | 300.0                 | 10.10 | 40     | 5643.93 | 22.00 | 357.76    | 0.59 |
| 5646.00              | 5709.00 | 63.00   | 0.38                | 165.79         | Rotating  |          | 18.0        | 15.0    | 900     | 3050.0        | 3350.0     | 300.0                 | 10.10 | 90     |         |       |           |      |
| 5709.00              | 5804.00 | 95.00   | 0.47                | 202.13         | Rotating  |          | 18.0        | 15.0    | 900     | 3150.0        | 3450.0     | 300.0                 | 10.10 | 100    | 5737.95 | 22.16 | 357.92    | 0.18 |
| 5804.00              | 5835.00 | 31.00   | 0.15                | 206.67         | Rotating  |          | 22.0        | 16.0    | 900     | 3200.0        | 3500.0     | 300.0                 | 10.10 | 80     | 5834.05 | 22.10 | 357.82    | 0.07 |
| 5835.00              | 5858.00 | 23.00   | 0.12                | 191.67         | Rotating  |          | 22.0        | 16.0    | 900     | 3250.0        | 3550.0     | 300.0                 | 10.10 | 80     |         |       |           |      |
| 5858.00              | 5901.00 | 43.00   | 0.23                | 186.96         | Rotating  |          | 18.0        | 16.0    | 900     | 3250.0        | 3550.0     | 300.0                 | 10.10 | 80     |         |       |           |      |
| 5901.00              | 5931.00 | 30.00   | 1.52                | 19.74          | Sliding   | 45       | 7.0         |         | 900     | 3250.0        | 3370.0     | 120.0                 | 10.10 |        | 5930.37 | 22.39 | 359.07    | 0.58 |
| 5931.00              | 5946.00 | 15.00   | 0.10                | 150.00         | Rotating  |          | 18.0        | 17.0    | 900     | 3250.0        | 3550.0     | 300.0                 | 10.10 | 40     |         |       |           |      |
| 5946.00              | 5997.00 | 51.00   | 0.25                | 204.00         | Rotating  |          | 20.0        | 17.0    | 900     | 3250.0        | 3550.0     | 300.0                 | 10.10 | 80     |         |       |           |      |
| 5997.00              | 6090.00 | 93.00   | 0.47                | 193.75         | Rotating  |          | 22.0        | 17.0    | 900     | 3000.0        | 3300.0     | 300.0                 | 10.30 | 80     | 6023.90 | 22.15 | 359.94    | 0.44 |
| 6090.00              | 6128.00 | 38.00   | 0.17                | 223.53         | Rotating  |          | 18.0        | 17.0    | 900     | 3000.0        | 3300.0     | 300.0                 | 10.30 | 80     | 6117.43 | 22.09 | 359.67    | 0.13 |
| 6128.00              | 6185.00 | 57.00   | 0.37                | 150.00         | Rotating  |          | 20.0        | 17.0    | 900     | 3000.0        | 3300.0     | 300.0                 | 10.30 | 40     |         |       |           |      |
| 6185.00              | 6218.00 | 33.00   | 0.22                | 150.00         | Rotating  |          | 22.0        | 18.0    | 900     | 3100.0        | 3400.0     | 300.0                 | 10.30 | 60     | 6211.82 | 22.32 | 359.77    | 0.25 |
| 6218.00              | 6244.00 | 26.00   | 1.22                | 21.31          | Sliding   | 40       | 12.0        |         | 900     | 3100.0        | 3300.0     | 200.0                 | 10.30 |        |         |       |           |      |
| 6244.00              | 6260.00 | 16.00   | 0.10                | 160.00         | Rotating  |          | 20.0        | 18.0    | 900     | 3200.0        | 3500.0     | 300.0                 | 10.30 | 40     |         |       |           |      |
| 6260.00              | 6279.00 | 19.00   | 0.12                | 158.33         | Rotating  |          | 22.0        | 18.0    | 900     | 3200.0        | 3500.0     | 300.0                 | 10.30 | 80     |         |       |           |      |
| 6279.00              | 6327.00 | 48.00   | 0.27                | 180.00         | Rotating  |          | 22.0        | 18.0    | 900     | 3150.0        | 3450.0     | 300.0                 | 10.30 | 80     | 6317.58 | 23.42 | 0.94      | 0.92 |
| 6327.00              | 6373.00 | 46.00   | 0.75                | 61.33          | Rotating  |          | 10.0        | 14.0    | 800     | 2600.0        | 2800.0     | 200.0                 | 10.30 | 40     |         |       |           |      |
| 6373.00              | 6385.00 | 12.00   | 0.17                | 72.00          | Rotating  |          | 15.0        | 14.0    | 800     | 2600.0        | 2900.0     | 300.0                 | 10.40 | 40     |         |       |           |      |
| 6385.00              | 6394.00 | 9.00    | 0.12                | 75.00          | Rotating  |          | 22.0        | 17.0    | 700     | 2150.0        | 2500.0     | 350.0                 | 10.40 | 40     |         |       |           |      |
| 6394.00              | 6415.00 | 21.00   | 0.35                | 60.00          | Rotating  |          | 30.0        | 16.0    | 700     | 2150.0        | 2500.0     | 350.0                 | 10.40 | 40     |         |       |           |      |

Figura 8 - 25: Slide Sheet 12 ¼" Pozo 3  
Reporte Direccional Final del Pozo

| Nombre de Pozo       | Pozo 4 | Sección (pulg)      | 12 1/4  | BHA #     | 3        | Resumen  |       |       |               |            |            |           |       |       |         |
|----------------------|--------|---------------------|---------|-----------|----------|----------|-------|-------|---------------|------------|------------|-----------|-------|-------|---------|
| Información de Broca |        | Evaluación de Broca |         |           |          |          |       |       |               |            | Drill Mode | Intervalo | Hrs   | ROP   | % Perf. |
| Jets (1/32)          | 5x14   | In Row              | Out Row | Dull Char | Location | Bearings | Gauge | Other | Reason Pulled | Rotando    | 2862       | 14.97     | 191.2 | 96%   |         |
| TFA (pulq2)          | 0.752  | Entrada             |         |           |          |          |       |       |               | Deslizando | 113        | 4.44      | 25.5  | 4%    |         |
| IADC                 | M224   | Salida              | 1       | 2         | CT       | N        | X     | I     | WT            | TD         | Perforando | 2975      | 19.41 | 153.3 | 100%    |

**Figura 8 - 26: Slide Sheet 12 1/4" Pozo 4 (Resultados)**  
Reporte Direccional Final del Pozo

| Nombre de Pozo       | Pozo 5 | Sección (pulg)      | 12 1/4  | BHA #     | 4        | Resumen  |       |       |               |         |            |           |       |       |         |
|----------------------|--------|---------------------|---------|-----------|----------|----------|-------|-------|---------------|---------|------------|-----------|-------|-------|---------|
| Información de Broca |        | Evaluación de Broca |         |           |          |          |       |       |               |         | Drill Mode | Intervalo | Hrs   | ROP   | % Perf. |
| Jets (1/32)          | 5x14   | In Row              | Out Row | Dull Char | Location | Bearings | Gauge | Other | Reason Pulled | Rotando | 2562       | 15.87     | 161.4 | 99%   |         |
| TFA (pulq2)          | 0.752  | Entrada             | 0       | 1         | BT       | G        | X     | I     | CT            | DTF     | Deslizando | 33        | 1.49  | 22.1  | 1%      |
| IADC                 | M224   | Salida              | 1       | 2         | WT       | G        | X     | I     | BT            | TD      | Perforando | 2595      | 17.36 | 149.5 | 100%    |

**Figura 8 - 27: Slide Sheet 12 1/4" Pozo 5 (Resultados)**  
Reporte Direccional Final del Pozo

| Nombre de Pozo       | Pozo 6 | Sección (pulg)      | 12 1/4  | BHA #     | 4        | Resumen  |       |       |               |            |            |           |       |       |         |
|----------------------|--------|---------------------|---------|-----------|----------|----------|-------|-------|---------------|------------|------------|-----------|-------|-------|---------|
| Información de Broca |        | Evaluación de Broca |         |           |          |          |       |       |               |            | Drill Mode | Intervalo | Hrs   | ROP   | % Perf. |
| Jets (1/32)          | 8x14   | In Row              | Out Row | Dull Char | Location | Bearings | Gauge | Other | Reason Pulled | Rotando    | 2930       | 10.92     | 288.3 | 100%  |         |
| TFA (pulq2)          | 1.203  | Entrada             |         |           |          |          |       |       |               | Deslizando | 0          | 0.00      | 0.0   | 0%    |         |
| IADC                 | M323   | Salida              | 1       | 1         | WT       | S        | X     | I     | HC            | TD         | Perforando | 2930      | 10.92 | 288.3 | 100%    |

**Figura 8 - 28: Slide Sheet 12 1/4" Pozo 6 (Resultados)**  
Reporte Direccional Final del Pozo

| Nombre de Pozo       | Pozo 7 | Sección (pulg)      | 12 1/4  | BHA #     | 5        | Resumen  |       |       |               |            |            |           |       |       |         |
|----------------------|--------|---------------------|---------|-----------|----------|----------|-------|-------|---------------|------------|------------|-----------|-------|-------|---------|
| Información de Broca |        | Evaluación de Broca |         |           |          |          |       |       |               |            | Drill Mode | Intervalo | Hrs   | ROP   | % Perf. |
| Jets (1/32)          | 8x14   | In Row              | Out Row | Dull Char | Location | Bearings | Gauge | Other | Reason Pulled | Rotando    | 944        | 2.60      | 363.1 | 100%  |         |
| TFA (pulq2)          | 1.203  | Entrada             |         |           |          |          |       |       |               | Deslizando | 0          | 0.00      | 0.0   | 0%    |         |
| IADC                 | M323   | Salida              | 0       | 0         | NO       | A        | X     | I     | WT            | DTF        | Perforando | 944       | 2.60  | 363.1 | 100%    |

| Nombre de Pozo       | Pozo 7 | Sección (pulg)      | 12 1/4  | BHA #     | 7        | Resumen  |       |       |               |         |            |           |       |       |         |
|----------------------|--------|---------------------|---------|-----------|----------|----------|-------|-------|---------------|---------|------------|-----------|-------|-------|---------|
| Información de Broca |        | Evaluación de Broca |         |           |          |          |       |       |               |         | Drill Mode | Intervalo | Hrs   | ROP   | % Perf. |
| Jets (1/32)          | 8x14   | In Row              | Out Row | Dull Char | Location | Bearings | Gauge | Other | Reason Pulled | Rotando | 1664       | 6.04      | 275.5 | 100%  |         |
| TFA (pulq2)          | 1.203  | Entrada             | 0       | 0         | NO       | A        | X     | I     | WT            | DTF     | Deslizando | 0         | 0.00  | 0.0   | 0%      |
| IADC                 | M323   | Salida              | 1       | 1         | WT       | C        | X     | I     | CT            | TD      | Perforando | 1664      | 6.04  | 275.5 | 100%    |

**Figura 8 - 29: Slide Sheet 12 1/4" Pozo 7 (Resultados)**  
Reporte Direccional Final del Pozo

| Nombre de Pozo       | Pozo 8 | Sección (pulg)      | 12 1/4  | BHA #     | 4        | Resumen  |       |       |               |            |            |           |       |       |         |
|----------------------|--------|---------------------|---------|-----------|----------|----------|-------|-------|---------------|------------|------------|-----------|-------|-------|---------|
| Información de Broca |        | Evaluación de Broca |         |           |          |          |       |       |               |            | Drill Mode | Intervalo | Hrs   | ROP   | % Perf. |
| Jets (1/32)          | 8x14   | In Row              | Out Row | Dull Char | Location | Bearings | Gauge | Other | Reason Pulled | Rotando    | 2441       | 7.15      | 341.4 | 100%  |         |
| TFA (pulq2)          | 1.203  | Entrada             |         |           |          |          |       |       |               | Deslizando | 0          | 0.00      | 0.0   | 0%    |         |
| IADC                 | M323   | Salida              | 0       | 0         | NO       | A        | X     | I     | NO            | DTF        | Perforando | 2441      | 7.15  | 341.4 | 100%    |

| Nombre de Pozo       | Pozo 8 | Sección (pulg)      | 12 1/4  | BHA #     | 5        | Resumen  |       |       |               |         |            |           |       |       |         |
|----------------------|--------|---------------------|---------|-----------|----------|----------|-------|-------|---------------|---------|------------|-----------|-------|-------|---------|
| Información de Broca |        | Evaluación de Broca |         |           |          |          |       |       |               |         | Drill Mode | Intervalo | Hrs   | ROP   | % Perf. |
| Jets (1/32)          | 8x14   | In Row              | Out Row | Dull Char | Location | Bearings | Gauge | Other | Reason Pulled | Rotando | 1121       | 6.42      | 174.6 | 100%  |         |
| TFA (pulq2)          | 1.203  | Entrada             | 0       | 0         | NO       | A        | X     | I     | NO            | DTF     | Deslizando | 0         | 0.00  | 0.0   | 0%      |
| IADC                 | M323   | Salida              | 0       | 1         | WT       | S        | X     | I     | CT            | TD      | Perforando | 1121      | 6.42  | 174.6 | 100%    |

**Figura 8 - 30: Slide Sheet 12 1/4" Pozo 8 (Resultados)**  
Reporte Direccional Final del Pozo



8.6. Slide Sheet Sección 8 1/2"

| Nombre de Pozo       |         | Pozo 3              |         | Sección (pulg) |          |          |             |         |               |            | 8 1/2      |                       | BHA # |        | 5          |           | Resumen   |      |         |  |  |
|----------------------|---------|---------------------|---------|----------------|----------|----------|-------------|---------|---------------|------------|------------|-----------------------|-------|--------|------------|-----------|-----------|------|---------|--|--|
| Información de Broca |         | Evaluación de Broca |         |                |          |          |             |         |               |            |            |                       |       |        | Drill Mode | Intervalo | Hrs       | ROP  | % Perf. |  |  |
| Jets (1/32)          | 6x12    | In Row              | Out Row | Dull Char      | Location | Bearings | Gauge       | Other   | Reason Pulled | Rotando    | 544        | 6.56                  | 82.9  | 96%    |            |           |           |      |         |  |  |
| TFA (pulg2)          | 0.663   | Entrada             |         |                |          |          |             |         |               | Deslizando | 21         | 1.47                  | 14.3  | 4%     |            |           |           |      |         |  |  |
| IADC                 | M322    | Salida              | 0       | 1              | WT       | S        | X           | I       | NO            | CP         | Perforando | 565                   | 8.03  | 70.4   | 100%       |           |           |      |         |  |  |
| Intervalo (ft)       | Curso   | Tiempo              | ROP     | Modo           | Tooface  | WOB      | Torque      | Caudal  | SPP Off       | SPP On     | Diff       | Peso de Lodo (lb/gal) | RPM   | Svy MD | Incl       | Azimuth   | DLS       |      |         |  |  |
| Desde                | Hasta   | ft                  | (h)     | ft/h           | deg      | 1000 lbf | 1000 ft.lbf | gal/min | psi           | psi        | psi        |                       |       | ft     | deg        | deg       | deg/100ft |      |         |  |  |
| 6445.00              | 6455.00 | 10.00               | 0.27    | 37.50          | Rotating |          | 15.0        | 10.0    | 350           | 820.0      | 1170.0     | 350.0                 | 9.60  | 40     |            |           |           |      |         |  |  |
| 6455.00              | 6551.00 | 96.00               | 1.23    | 77.84          | Rotating |          | 14.0        | 10.0    | 390           | 960.0      | 1310.0     | 350.0                 | 9.60  | 40     | 6489.82    | 23.85     | 1.45      | 0.28 |         |  |  |
| 6551.00              | 6647.00 | 96.00               | 1.03    | 92.90          | Rotating |          | 14.0        | 14.0    | 400           | 1150.0     | 1500.0     | 350.0                 | 9.60  | 100    | 6578.67    | 24.02     | 1.66      | 0.21 |         |  |  |
| 6647.00              | 6742.00 | 95.00               | 0.88    | 107.55         | Rotating |          | 20.0        | 14.0    | 400           | 1170.0     | 1520.0     | 350.0                 | 9.60  | 40     | 6674.61    | 20.84     | 1.36      | 3.32 |         |  |  |
| 6742.00              | 6803.00 | 61.00               | 0.53    | 115.09         | Rotating |          | 18.0        | 13.0    | 380           | 1250.0     | 1650.0     | 400.0                 | 9.60  | 40     | 6770.48    | 17.90     | 2.42      | 3.09 |         |  |  |
| 6803.00              | 6824.00 | 21.00               | 1.47    | 14.29          | Sliding  | -20      | 12.0        |         | 390           | 1250.0     | 1350.0     | 100.0                 | 9.60  |        |            |           |           |      |         |  |  |
| 6824.00              | 6838.00 | 14.00               | 0.18    | 77.78          | Rotating |          | 12.0        | 12.0    | 400           | 1250.0     | 1450.0     | 200.0                 | 9.60  | 40     |            |           |           |      |         |  |  |
| 6838.00              | 6933.00 | 95.00               | 1.37    | 69.34          | Rotating |          | 14.0        | 11.0    | 380           | 1150.0     | 1500.0     | 350.0                 | 9.60  | 40     | 6889.05    | 17.97     | 1.81      | 0.20 |         |  |  |
| 6933.00              | 7005.00 | 72.00               | 0.95    | 75.79          | Rotating |          | 15.0        | 11.0    | 380           | 1200.0     | 1500.0     | 300.0                 | 9.60  | 40     | 6938.31    | 16.57     | 1.70      | 2.02 |         |  |  |
| 7005.00              | 7010.00 | 5.00                | 0.12    | 41.67          | Rotating |          | 20.0        | 11.0    | 380           | 1200.0     | 1500.0     | 300.0                 | 9.60  | 40     |            |           |           |      |         |  |  |

| Nombre de Pozo       |         | Pozo 3              |         | Sección (pulg) |          |          |             |         |               |         | 8 1/2      |                       | BHA # |        | 9          |           | Resumen   |      |         |  |  |
|----------------------|---------|---------------------|---------|----------------|----------|----------|-------------|---------|---------------|---------|------------|-----------------------|-------|--------|------------|-----------|-----------|------|---------|--|--|
| Información de Broca |         | Evaluación de Broca |         |                |          |          |             |         |               |         |            |                       |       |        | Drill Mode | Intervalo | Hrs       | ROP  | % Perf. |  |  |
| Jets (1/32)          | 6x12    | In Row              | Out Row | Dull Char      | Location | Bearings | Gauge       | Other   | Reason Pulled | Rotando | 192        | 1.42                  | 135.2 | 100%   |            |           |           |      |         |  |  |
| TFA (pulg2)          | 0.663   | Entrada             | 0       | 1              | WT       | S        | X           | I       | NO            | CP      | Deslizando | 0                     | 0.00  | 0.0    | 0%         |           |           |      |         |  |  |
| IADC                 | M322    | Salida              | 1       | 1              | WT       | S        | X           | I       | CT            | TD      | Perforando | 192                   | 1.42  | 135.2  | 100%       |           |           |      |         |  |  |
| Intervalo (ft)       | Curso   | Tiempo              | ROP     | Modo           | Tooface  | WOB      | Torque      | Caudal  | SPP Off       | SPP On  | Diff       | Peso de Lodo (lb/gal) | RPM   | Svy MD | Incl       | Azimuth   | DLS       |      |         |  |  |
| Desde                | Hasta   | ft                  | (h)     | ft/h           | deg      | 1000 lbf | 1000 ft.lbf | gal/min | psi           | psi     | psi        |                       |       | ft     | deg        | deg       | deg/100ft |      |         |  |  |
| 7131.00              | 7225.00 | 94.00               | 0.82    | 115.10         | Rotating |          | 12.0        | 15.0    | 380           | 1000.0  | 1350.0     | 350.0                 | 9.60  | 80     | 7153.03    | 15.27     | 1.91      | 0.68 |         |  |  |
| 7225.00              | 7323.00 | 98.00               | 0.60    | 163.33         | Rotating |          | 12.0        | 15.0    | 380           | 1020.0  | 1370.0     | 350.0                 | 9.60  | 80     | 7323.00    | 14.20     | 2.55      | 0.60 |         |  |  |

Figura 8 - 31: Slide Sheet 8 1/2" Pozo 3  
Reporte Direccional Final del Pozo

| Nombre de Pozo       |       | Pozo 4              |         | Sección (pulg) |          |          |             |         |               |         | 8 1/2      |                       | BHA # |        | 4          |           | Resumen   |      |         |  |  |
|----------------------|-------|---------------------|---------|----------------|----------|----------|-------------|---------|---------------|---------|------------|-----------------------|-------|--------|------------|-----------|-----------|------|---------|--|--|
| Información de Broca |       | Evaluación de Broca |         |                |          |          |             |         |               |         |            |                       |       |        | Drill Mode | Intervalo | Hrs       | ROP  | % Perf. |  |  |
| Jets (1/32)          | 6x12  | In Row              | Out Row | Dull Char      | Location | Bearings | Gauge       | Other   | Reason Pulled | Rotando | 1039       | 10.78                 | 96.4  | 100%   |            |           |           |      |         |  |  |
| TFA (pulg2)          | 0.663 | Entrada             | 0       | 0              | WT       | S        | X           | I       | NO            | CP      | Deslizando | 0                     | 0.00  | 0.0    | 0%         |           |           |      |         |  |  |
| IADC                 | M322  | Salida              | 1       | 1              | WT       | S        | X           | I       | CT            | TD      | Perforando | 1039                  | 10.78 | 96.4   | 100%       |           |           |      |         |  |  |
| Intervalo (ft)       | Curso | Tiempo              | ROP     | Modo           | Tooface  | WOB      | Torque      | Caudal  | SPP Off       | SPP On  | Diff       | Peso de Lodo (lb/gal) | RPM   | Svy MD | Incl       | Azimuth   | DLS       |      |         |  |  |
| Desde                | Hasta | ft                  | (h)     | ft/h           | deg      | 1000 lbf | 1000 ft.lbf | gal/min | psi           | psi     | psi        |                       |       | ft     | deg        | deg       | deg/100ft |      |         |  |  |
| 6935                 | 6945  | 10                  | 0.20    | 50.00          | Rotating |          | 30          | 16      | 350           | 950     | 1300       | 350                   | 10.0  | 40     |            |           |           |      |         |  |  |
| 6945                 | 7000  | 55                  | 0.93    | 59.14          | Rotating |          | 8           | 18      | 350           | 800     | 1150       | 350                   | 10.0  | 40     | 6961.51    | 35.28     | 222.17    | 0.19 |         |  |  |
| 7000                 | 7029  | 29                  | 0.17    | 170.59         | Rotating |          | 8           | 18      | 380           | 1100    | 1450       | 350                   | 10.0  | 40     |            |           |           |      |         |  |  |
| 7029                 | 7090  | 61                  | 0.52    | 117.31         | Rotating |          | 9           | 19      | 380           | 1200    | 1550       | 350                   | 10.0  | 40     | 7055.51    | 35.75     | 222.28    | 0.50 |         |  |  |
| 7090                 | 7124  | 34                  | 0.35    | 97.14          | Rotating |          | 16          | 21      | 380           | 1200    | 1550       | 350                   | 10.0  | 60     |            |           |           |      |         |  |  |
| 7124                 | 7154  | 30                  | 0.33    | 90.91          | Rotating |          | 15          | 21      | 380           | 1200    | 1550       | 350                   | 10.0  | 80     |            |           |           |      |         |  |  |
| 7154                 | 7220  | 66                  | 0.93    | 70.97          | Rotating |          | 18          | 21      | 380           | 1200    | 1550       | 350                   | 10.0  | 50     | 7154.76    | 34.00     | 222.46    | 1.77 |         |  |  |
| 7220                 | 7316  | 96                  | 0.93    | 103.23         | Rotating |          | 15          | 21      | 380           | 1300    | 1650       | 350                   | 10.0  | 60     | 7252.48    | 31.41     | 222.61    | 2.65 |         |  |  |
| 7316                 | 7402  | 86                  | 1.02    | 84.31          | Rotating |          | 22          | 23      | 350           | 1150    | 1500       | 350                   | 10.0  | 50     | 7346.45    | 29.09     | 222.68    | 2.47 |         |  |  |
| 7402                 | 7412  | 10                  | 0.10    | 100.00         | Rotating |          | 20          | 23      | 350           | 1150    | 1500       | 350                   | 10.0  | 80     |            |           |           |      |         |  |  |
| 7412                 | 7509  | 97                  | 1.08    | 89.81          | Rotating |          | 20          | 24      | 380           | 1300    | 1650       | 350                   | 10.0  | 80     | 7442.72    | 27.03     | 222.81    | 2.14 |         |  |  |
| 7509                 | 7604  | 95                  | 0.85    | 111.76         | Rotating |          | 17          | 23      | 380           | 1350    | 1700       | 350                   | 10.0  | 80     | 7540.33    | 25.12     | 222.31    | 1.97 |         |  |  |
| 7604                 | 7700  | 96                  | 0.87    | 110.34         | Rotating |          | 20          | 24      | 380           | 1420    | 1770       | 350                   | 10.0  | 80     | 7632.34    | 24.39     | 221.91    | 0.81 |         |  |  |
| 7700                 | 7795  | 95                  | 1.00    | 95.00          | Rotating |          | 18          | 24      | 380           | 1400    | 1750       | 350                   | 10.0  | 80     | 7728.52    | 23.80     | 221.60    | 0.63 |         |  |  |
| 7795                 | 7892  | 97                  | 0.82    | 118.29         | Rotating |          | 22          | 24      | 380           | 1400    | 1750       | 350                   | 10.0  | 80     | 7826.68    | 23.56     | 221.55    | 0.25 |         |  |  |
| 7892                 | 7974  | 82                  | 0.68    | 120.59         | Rotating |          | 22          | 24      | 380           | 1400    | 1750       | 350                   | 10.0  | 80     | 7974.00    | 24.50     | 221.50    | 0.25 |         |  |  |

Figura 8 - 32: Slide Sheet 8 1/2" Pozo 4  
Reporte Direccional Final del Pozo

| Nombre de Pozo       |       | Pozo 5              |         | Sección (pulg) |          |          |             |         |               |            | 8 1/2      |                       | BHA # |        | 5          |           | Resumen   |      |         |  |  |
|----------------------|-------|---------------------|---------|----------------|----------|----------|-------------|---------|---------------|------------|------------|-----------------------|-------|--------|------------|-----------|-----------|------|---------|--|--|
| Información de Broca |       | Evaluación de Broca |         |                |          |          |             |         |               |            |            |                       |       |        | Drill Mode | Intervalo | Hrs       | ROP  | % Perf. |  |  |
| Jets (1/32)          | 6x12  | In Row              | Out Row | Dull Char      | Location | Bearings | Gauge       | Other   | Reason Pulled | Rotando    | 858        | 10.83                 | 79.2  | 100%   |            |           |           |      |         |  |  |
| TFA (pulg2)          | 0.663 | Entrada             |         |                |          |          |             |         |               | Deslizando | 0          | 0.00                  | 0.0   | 0%     |            |           |           |      |         |  |  |
| IADC                 | M322  | Salida              | 1       | 1              | WT       | S        | X           | I       | CT            | TD         | Perforando | 858                   | 10.83 | 79.2   | 100%       |           |           |      |         |  |  |
| Intervalo (ft)       | Curso | Tiempo              | ROP     | Modo           | Tooface  | WOB      | Torque      | Caudal  | SPP Off       | SPP On     | Diff       | Peso de Lodo (lb/gal) | RPM   | Svy MD | Incl       | Azimuth   | DLS       |      |         |  |  |
| Desde                | Hasta | ft                  | (h)     | ft/h           | deg      | 1000 lbf | 1000 ft.lbf | gal/min | psi           | psi        | psi        |                       |       | ft     | deg        | deg       | deg/100ft |      |         |  |  |
| 6330                 | 6340  | 10                  | 0.15    | 66.67          | Rotating |          | 15          | 12      | 350           | 800        | 1150       | 350                   | 9.9   | 40     |            |           |           |      |         |  |  |
| 6340                 | 6361  | 21                  | 0.20    | 105.00         | Rotating |          | 17          | 13      | 380           | 1050       | 1400       | 350                   | 9.9   | 60     |            |           |           |      |         |  |  |
| 6361                 | 6421  | 60                  | 0.62    | 96.77          | Rotating |          | 10          | 15      | 380           | 1000       | 1350       | 350                   | 9.9   | 70     | 6380.87    | 19.49     | 222.48    | 0.66 |         |  |  |
| 6421                 | 6455  | 34                  | 0.37    | 91.89          | Rotating |          | 12          | 15      | 380           | 1000       | 1370       | 370                   | 9.9   | 40     |            |           |           |      |         |  |  |
| 6455                 | 6489  | 34                  | 0.30    | 113.33         | Rotating |          | 14          | 15      | 380           | 1000       | 1370       | 370                   | 9.9   | 40     | 6477.48    | 19.75     | 221.75    | 0.37 |         |  |  |
| 6489                 | 6505  | 16                  | 0.27    | 59.26          | Rotating |          | 14          | 15      | 380           | 1000       | 1370       | 370                   | 9.9   | 40     |            |           |           |      |         |  |  |
| 6505                 | 6531  | 26                  | 0.37    | 70.27          | Rotating |          | 14          | 15      | 380           | 1000       | 1370       | 370                   | 9.9   | 60     |            |           |           |      |         |  |  |
| 6531                 | 6555  | 24                  | 0.37    | 64.86          | Rotating |          | 15          | 14      | 380           | 1000       | 1380       | 380                   | 9.9   | 70     |            |           |           |      |         |  |  |
| 6555                 | 6647  | 92                  | 1.52    | 60.53          | Rotating |          | 16          | 14      | 380           | 1000       | 1380       | 380                   | 9.9   | 40     | 6574.12    | 17.61     | 222.48    | 2.23 |         |  |  |
| 6647                 | 6687  | 40                  | 0.72    | 55.56          | Rotating |          | 15          | 15      | 380           | 950        | 1330       | 380                   | 9.9   | 40     | 6668.51    | 15.42     | 220.89    | 2.37 |         |  |  |
| 6687                 | 6742  | 55                  | 0.67    | 82.09          | Rotating |          | 15          | 15      | 400           | 1200       | 1580       | 380                   | 9.9   | 40     |            |           |           |      |         |  |  |
| 6742                 | 6803  | 61                  | 0.88    | 69.32          | Rotating |          | 20          | 14      | 400           | 1250       | 1630       | 380                   | 9.9   | 40     | 6763.83    | 13.72     | 219.89    | 1.80 |         |  |  |
| 6803                 | 6836  | 33                  | 0.35    | 94.29          | Rotating |          | 20          | 15      | 400           | 1250       | 1630       | 380                   | 9.9   | 50     |            |           |           |      |         |  |  |
| 6836                 | 6933  | 97                  | 1.47    | 65.99          | Rotating |          | 16          | 15      | 400           | 1300       | 1680       | 380                   | 9.9   | 80     | 6860.12    | 12.21     | 217.89    | 1.64 |         |  |  |
| 6933                 | 7028  | 95                  | 1.15    | 82.61          | Rotating |          | 30          | 15      | 400           | 1400       | 1750       | 350                   | 9.9   | 80     | 6957.37    | 11.81     | 217.34    | 0.43 |         |  |  |
| 7028                 | 7123  | 95                  | 0.87    | 109.20         | Rotating |          | 25          | 15      | 400           | 1500       | 1850       | 350                   | 9.9   | 100    | 7115.06    | 11.41     | 217.96    | 0.11 |         |  |  |
| 7123                 | 7188  | 65                  | 0.65    | 118.18         | Rotating |          | 15          | 16      | 400           | 1450       | 1800       | 350                   | 9.9   | 100    |            |           |           |      |         |  |  |

Figura 8 - 33: Slide Sheet 8 1/2" Pozo 5  
Reporte Direccional Final del Pozo

| Nombre de Pozo       |       | Pozo 6              |         | Sección (pulg) |          |          | 8 1/2       |         | BHA #         |            | 5          |                       | Resumen   |         |       |         |           |
|----------------------|-------|---------------------|---------|----------------|----------|----------|-------------|---------|---------------|------------|------------|-----------------------|-----------|---------|-------|---------|-----------|
| Información de Broca |       | Evaluación de Broca |         |                |          |          |             |         |               |            |            | Drill Mode            | Intervalo | Hrs     | ROP   | % Perf. |           |
| Jets (1/32)          | 6x12  | In Row              | Out Row | Dull Char      | Location | Bearings | Gauge       | Other   | Reason Pulled | Rotando    | 1005       | 9.35                  | 107.5     | 100%    |       |         |           |
| TFA (pulg2)          | 0.663 | Entrada             |         |                |          |          |             |         |               | Deslizando | 0          | 0.00                  | 0.0       | 0%      |       |         |           |
| IADC                 | M322  | Salida              | 1       | 1              | WT       | S        | X           | I       | BT            | TD         | Perforando | 1005                  | 9.35      | 107.5   | 100%  |         |           |
| Intervalo (ft)       | Curso | Tiempo              | ROP     | Modo           | Tooface  | WOB      | Torque      | Caudal  | SPP Off       | SPP On     | Diff       | Peso de Lodo (lb/gal) | RPM       | Svy MD  | Incl  | Azth    | DLS       |
| Desde                | Hasta | ft                  | (h)     | ft/h           | deg      | 1000 lbf | 1000 ft.lbf | gal/min | psi           | psi        | psi        |                       |           | ft      | deg   | deg     | deg/100ft |
| 6825                 | 6835  | 10                  | 0.08    | 125.00         | Rotating | 15       | 17          | 350     | 800           | 1150       | 350        | 9.9                   | 40        |         |       |         |           |
| 6835                 | 6930  | 95                  | 0.93    | 102.15         | Rotating | 15       | 17          | 350     | 800           | 1150       | 350        | 9.9                   | 40        | 6857.38 | 31.66 | 257.99  | 1.67      |
| 6930                 | 6936  | 6                   | 0.05    | 120.00         | Rotating | 15       | 17          | 350     | 800           | 1150       | 350        | 9.9                   | 40        |         |       |         |           |
| 6936                 | 6962  | 26                  | 0.17    | 152.94         | Rotating | 15       | 17          | 350     | 800           | 1150       | 350        | 9.9                   | 40        |         |       |         |           |
| 6962                 | 7027  | 65                  | 0.75    | 86.67          | Rotating | 15       | 17          | 350     | 800           | 1150       | 350        | 9.9                   | 40        | 6965.01 | 32.41 | 257.85  | 0.70      |
| 7027                 | 7069  | 42                  | 0.43    | 97.67          | Rotating | 15       | 17          | 380     | 1000          | 1350       | 350        | 9.9                   | 40        | 7052.02 | 29.52 | 288.12  | 3.33      |
| 7069                 | 7085  | 16                  | 0.13    | 123.08         | Rotating | 15       | 17          | 380     | 1000          | 1350       | 350        | 9.9                   | 50        |         |       |         |           |
| 7085                 | 7121  | 36                  | 0.28    | 128.57         | Rotating | 15       | 17          | 380     | 1000          | 1350       | 350        | 9.9                   | 50        |         |       |         |           |
| 7121                 | 7217  | 96                  | 0.78    | 123.08         | Rotating | 20       | 17          | 380     | 1000          | 1350       | 350        | 9.9                   | 50        | 7149.23 | 25.58 | 257.45  | 4.07      |
| 7217                 | 7313  | 96                  | 0.97    | 98.97          | Rotating | 20       | 17          | 380     | 1000          | 1350       | 350        | 9.9                   | 40        | 7241.40 | 22.14 | 256.71  | 3.75      |
| 7313                 | 7409  | 96                  | 1.20    | 80.00          | Rotating | 22       | 17          | 380     | 1000          | 1350       | 350        | 9.9                   | 40        | 7337.93 | 20.03 | 256.91  | 2.19      |
| 7409                 | 7444  | 35                  | 0.43    | 81.40          | Rotating | 20       | 17          | 380     | 1050          | 1400       | 350        | 9.9                   | 60        | 7435.10 | 19.20 | 256.41  | 0.87      |
| 7444                 | 7505  | 61                  | 0.75    | 81.33          | Rotating | 20       | 17          | 380     | 1050          | 1400       | 350        | 9.9                   | 80        |         |       |         |           |
| 7505                 | 7601  | 96                  | 0.90    | 106.67         | Rotating | 25       | 17          | 380     | 1100          | 1450       | 350        | 9.9                   | 100       | 7532.18 | 18.65 | 256.86  | 0.59      |
| 7601                 | 7698  | 97                  | 0.68    | 142.65         | Rotating | 25       | 18          | 380     | 1200          | 1650       | 350        | 9.9                   | 100       | 7628.59 | 19.09 | 256.96  | 0.46      |
| 7698                 | 7794  | 96                  | 0.57    | 168.42         | Rotating | 22       | 19          | 380     | 1250          | 1600       | 350        | 9.9                   | 100       | 7759.51 | 20.52 | 257.40  | 1.74      |
| 7794                 | 7830  | 36                  | 0.25    | 144.00         | Rotating | 15       | 21          | 380     | 1300          | 1700       | 400        | 9.9                   | 100       |         |       |         |           |

Figura 8 - 34: Slide Sheet 8 1/2" Pozo 6  
Reporte Direccional Final del Pozo

| Nombre de Pozo       |       | Pozo 7              |         | Sección (pulg) |          |          | 8 1/2       |         | BHA #         |            | 8          |                       | Resumen   |         |       |         |           |
|----------------------|-------|---------------------|---------|----------------|----------|----------|-------------|---------|---------------|------------|------------|-----------------------|-----------|---------|-------|---------|-----------|
| Información de Broca |       | Evaluación de Broca |         |                |          |          |             |         |               |            |            | Drill Mode            | Intervalo | Hrs     | ROP   | % Perf. |           |
| Jets (1/32)          | 6x12  | In Row              | Out Row | Dull Char      | Location | Bearings | Gauge       | Other   | Reason Pulled | Rotando    | 920        | 9.32                  | 98.7      | 100%    |       |         |           |
| TFA (pulg2)          | 0.663 | Entrada             |         |                |          |          |             |         |               | Deslizando | 0          | 0.00                  | 0.0       | 0%      |       |         |           |
| IADC                 | M322  | Salida              | 1       | 1              | WT       | S        | X           | I       | CT            | TD         | Perforando | 920                   | 9.32      | 98.7    | 100%  |         |           |
| Intervalo (ft)       | Curso | Tiempo              | ROP     | Modo           | Tooface  | WOB      | Torque      | Caudal  | SPP Off       | SPP On     | Diff       | Peso de Lodo (lb/gal) | RPM       | Svy MD  | Incl  | Azth    | DLS       |
| Desde                | Hasta | ft                  | (h)     | ft/h           | deg      | 1000 lbf | 1000 ft.lbf | gal/min | psi           | psi        | psi        |                       |           | ft      | deg   | deg     | deg/100ft |
| 6348                 | 6352  | 4                   | 0.07    | 50.00          | Rotating | 21       | 9           | 360     | 800           | 1150       | 350        | 9.8                   | 60        |         |       |         |           |
| 6352                 | 6358  | 6                   | 0.07    | 75.00          | Rotating | 21       | 9           | 360     | 800           | 1150       | 350        | 9.8                   | 80        |         |       |         |           |
| 6358                 | 6404  | 46                  | 0.37    | 124.32         | Rotating | 21       | 9           | 380     | 900           | 1300       | 400        | 9.8                   | 80        |         |       |         |           |
| 6404                 | 6499  | 95                  | 1.07    | 88.79          | Rotating | 21       | 9           | 380     | 900           | 1300       | 400        | 9.8                   | 40        | 6432.99 | 19.89 | 291.52  | 1.02      |
| 6499                 | 6679  | 80                  | 0.87    | 90.91          | Rotating | 25       | 10          | 380     | 900           | 1300       | 400        | 9.8                   | 50        | 6531.05 | 18.66 | 292.03  | 1.27      |
| 6679                 | 6696  | 17                  | 0.17    | 100.00         | Rotating | 25       | 10          | 380     | 900           | 1300       | 400        | 9.8                   | 40        |         |       |         |           |
| 6696                 | 6619  | 23                  | 0.27    | 82.14          | Rotating | 25       | 10          | 360     | 900           | 1300       | 400        | 9.8                   | 40        |         |       |         |           |
| 6619                 | 6674  | 55                  | 0.67    | 80.88          | Rotating | 25       | 10          | 360     | 900           | 1300       | 400        | 9.8                   | 50        | 6631.04 | 15.68 | 291.87  | 2.98      |
| 6674                 | 6692  | 18                  | 0.22    | 81.82          | Rotating | 25       | 11          | 360     | 900           | 1300       | 400        | 9.8                   | 40        |         |       |         |           |
| 6692                 | 6727  | 35                  | 0.42    | 81.40          | Rotating | 30       | 10          | 360     | 950           | 1350       | 400        | 9.8                   | 40        | 6720.98 | 13.34 | 292.68  | 2.61      |
| 6727                 | 6788  | 61                  | 1.07    | 56.48          | Rotating | 30       | 11          | 360     | 950           | 1350       | 400        | 9.8                   | 60        |         |       |         |           |
| 6788                 | 6884  | 96                  | 1.37    | 70.07          | Rotating | 30       | 12          | 360     | 1000          | 1400       | 400        | 9.8                   | 80        | 6815.64 | 12.21 | 293.27  | 1.20      |
| 6884                 | 6957  | 73                  | 0.72    | 100.00         | Rotating | 20       | 12          | 360     | 1000          | 1400       | 400        | 9.8                   | 100       | 6912.19 | 11.54 | 294.86  | 0.77      |
| 6957                 | 6981  | 24                  | 0.12    | 184.62         | Rotating | 25       | 13          | 390     | 1400          | 1800       | 400        | 9.8                   | 100       |         |       |         |           |
| 6981                 | 7076  | 95                  | 0.57    | 163.79         | Rotating | 25       | 13          | 390     | 1400          | 1800       | 400        | 9.8                   | 100       | 7009.18 | 11.24 | 296.00  | 0.39      |
| 7076                 | 7171  | 95                  | 0.65    | 146.15         | Rotating | 25       | 14          | 390     | 1450          | 1850       | 400        | 9.8                   | 100       | 7103.71 | 11.40 | 295.56  | 0.19      |
| 7171                 | 7268  | 97                  | 0.62    | 156.45         | Rotating | 25       | 14          | 390     | 1400          | 1800       | 400        | 9.8                   | 100       | 7268.00 | 12.60 | 295.00  | 0.24      |

Figura 8 - 35: Slide Sheet 8 1/2" Pozo 7  
Reporte Direccional Final del Pozo

| Nombre de Pozo       |            | Pozo 8              |         | Sección (pulg) |          |          | 8 1/2       |         | BHA #         |            | 6          |                       | Resumen   |         |       |         |           |
|----------------------|------------|---------------------|---------|----------------|----------|----------|-------------|---------|---------------|------------|------------|-----------------------|-----------|---------|-------|---------|-----------|
| Información de Broca |            | Evaluación de Broca |         |                |          |          |             |         |               |            |            | Drill Mode            | Intervalo | Hrs     | ROP   | % Perf. |           |
| Jets (1/32)          | 3x11, 3x12 | In Row              | Out Row | Dull Char      | Location | Bearings | Gauge       | Other   | Reason Pulled | Rotando    | 1138       | 13.68                 | 83.2      | 100%    |       |         |           |
| TFA (pulg2)          | 0.61       | Entrada             |         |                |          |          |             |         |               | Deslizando | 0          | 0.00                  | 0.0       | 0%      |       |         |           |
| IADC                 | M322       | Salida              | 0       | 1              | WT       | S        | X           | I       | CT            | TD         | Perforando | 1138                  | 13.68     | 83.2    | 100%  |         |           |
| Intervalo (ft)       | Curso      | Tiempo              | ROP     | Modo           | Tooface  | WOB      | Torque      | Caudal  | SPP Off       | SPP On     | Diff       | Peso de Lodo (lb/gal) | RPM       | Svy MD  | Incl  | Azth    | DLS       |
| Desde                | Hasta      | ft                  | (h)     | ft/h           | deg      | 1000 lbf | 1000 ft.lbf | gal/min | psi           | psi        | psi        |                       |           | ft      | deg   | deg     | deg/100ft |
| 7682                 | 7692       | 10                  | 0.13    | 76.92          | Rotating | 20       | 17          | 350     | 915           | 1300       | 385        | 10.0                  | 40        |         |       |         |           |
| 7692                 | 7725       | 33                  | 0.23    | 143.48         | Rotating | 20       | 20          | 350     | 1000          | 1350       | 350        | 10.0                  | 100       |         |       |         |           |
| 7725                 | 7784       | 59                  | 0.33    | 178.79         | Rotating | 15       | 20          | 350     | 1000          | 1350       | 350        | 10.0                  | 100       | 7755.38 | 45.03 | 241.83  | 0.65      |
| 7784                 | 7823       | 39                  | 0.37    | 105.41         | Rotating | 15       | 20          | 350     | 1000          | 1350       | 350        | 10.0                  | 40        |         |       |         |           |
| 7823                 | 7919       | 96                  | 1.47    | 65.31          | Rotating | 18       | 22          | 350     | 1000          | 1350       | 350        | 10.0                  | 40        | 7852.44 | 46.52 | 242.17  | 1.56      |
| 7919                 | 8014       | 95                  | 1.25    | 76.00          | Rotating | 17       | 22          | 350     | 950           | 1350       | 400        | 10.0                  | 40        | 7948.01 | 44.68 | 243.48  | 2.16      |
| 8014                 | 8109       | 95                  | 1.03    | 92.23          | Rotating | 20       | 23          | 350     | 950           | 1350       | 400        | 10.0                  | 40        | 8043.17 | 42.64 | 244.05  | 2.18      |
| 8109                 | 8165       | 56                  | 0.80    | 70.00          | Rotating | 20       | 23          | 350     | 1050          | 1450       | 400        | 10.0                  | 40        | 8137.29 | 40.81 | 244.80  | 2.02      |
| 8165                 | 8204       | 39                  | 0.67    | 58.21          | Rotating | 20       | 23          | 350     | 1050          | 1450       | 400        | 10.0                  | 60        |         |       |         |           |
| 8204                 | 8298       | 94                  | 1.28    | 73.44          | Rotating | 20       | 23          | 350     | 1050          | 1450       | 400        | 10.0                  | 60        | 8232.11 | 39.29 | 245.90  | 1.77      |
| 8298                 | 8392       | 94                  | 1.25    | 75.20          | Rotating | 24       | 23          | 350     | 1050          | 1450       | 400        | 10.0                  | 80        | 8327.55 | 38.02 | 247.16  | 1.57      |
| 8392                 | 8486       | 94                  | 1.48    | 63.51          | Rotating | 30       | 24          | 350     | 1500          | 1900       | 400        | 10.0                  | 80        | 8422.82 | 36.64 | 248.79  | 1.78      |
| 8486                 | 8493       | 7                   | 0.05    | 140.00         | Rotating | 20       | 24          | 380     | 1600          | 2000       | 400        | 10.0                  | 100       |         |       |         |           |
| 8493                 | 8583       | 90                  | 1.30    | 69.23          | Rotating | 20       | 25          | 350     | 1480          | 1880       | 400        | 10.0                  | 100       | 8517.62 | 36.64 | 249.20  | 0.26      |
| 8583                 | 8645       | 62                  | 0.58    | 106.90         | Rotating | 30       | 25          | 380     | 1660          | 2060       | 400        | 10.0                  | 100       | 8615.06 | 36.18 | 249.79  | 0.59      |
| 8645                 | 8678       | 33                  | 0.30    | 110.00         | Rotating | 30       | 25          | 380     | 1500          | 1900       | 400        | 10.0                  | 100       |         |       |         |           |
| 8678                 | 8774       | 96                  | 0.78    | 123.08         | Rotating | 30       | 25          | 380     | 1550          | 1950       | 400        | 10.0                  | 100       | 8753.32 | 37.50 | 250.00  | 1.52      |
| 8774                 | 8820       | 46                  | 0.38    | 121.05         | Rotating | 30       | 25          | 380     | 1450          | 1850       | 400        | 10.0                  | 100       | 8820.00 | 37.50 | 250.00  | 0.00      |

Figura 8 - 36: Slide Sheet 8 1/2" Pozo 8  
Reporte Direccional Final del Pozo