

**TRABAJO ESPECIAL DE GRADO**

**EVALUACIÓN TÉCNICO-ECONÓMICA DE LA HERRAMIENTA AGS  
(*ADJUSTABLE GAUGE STABILIZER*) EN POZOS TIPO *SLANT* DE LA FAJA  
PETROLÍFERA DEL ORINOCO**

Presentado ante la Ilustre

Universidad Central de Venezuela

Por el Br. Berthi L., Alexis R.

Para optar al Título de

Ingeniero de Petróleo

Caracas, Octubre de 2013.

## **TRABAJO ESPECIAL DE GRADO**

# **EVALUACIÓN TÉCNICO-ECONÓMICA DE LA HERRAMIENTA AGS (*ADJUSTABLE GAUGE STABILIZER*) EN POZOS TIPO *SLANT* DE LA FAJA PETROLÍFERA DEL ORINOCO**

TUTOR ACADÉMICO: Prof. Pedro Díaz.

TUTOR INDUSTRIAL: Ing. Cesar Berdugo.

Presentado ante la Ilustre

Universidad Central de Venezuela

Por el Br. Berthi L., Alexis R.

Para optar al Título de

Ingeniero de Petróleo

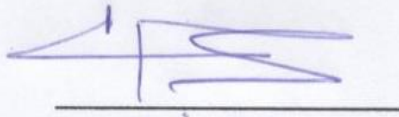
Caracas, Octubre de 2013.

Caracas, Octubre 2013.

Los abajo firmantes, miembros del Jurado designado por el Consejo de Escuela de Ingeniería de Petróleo, para evaluar el Trabajo Especial de Grado presentado por el Bachiller Berthi L. Alexis R., titulado:

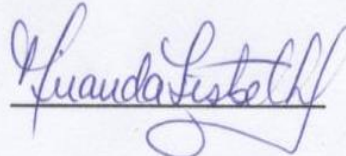
**“EVALUACIÓN TÉCNICO-ECONÓMICA DE LA HERRAMIENTA AGS  
(ADJUSTABLE GAUGE STABILIZER) EN POZOS TIPO SLANT DE LA FAJA  
PETROLÍFERA DEL ORINOCO”**

Consideran que el mismo cumple con los requisitos exigidos por el plan de estudios conducente al Título de Ingeniero de Petróleo, y sin que ello signifique que se hacen solidarios con las ideas expuestas por el autor, lo declaran APROBADO.



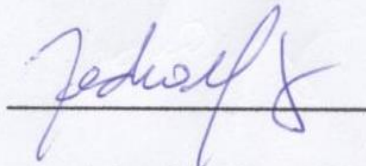
Prof. Jenny Graterol

Jurado



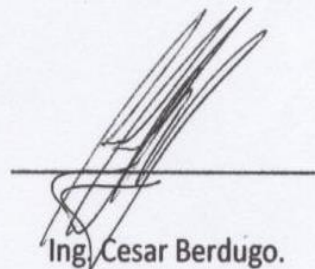
Prof. Lisbeth Miranda.

Jurado



Prof. Pedro Díaz.

Tutor Académico



Ing. Cesar Berdugo.

Tutor Industrial

## DEDICATORIA

*A Dios y al Santísimo Nazareno de Achaguas, mis guías siempre.*

*A una mujer que lo ha dado todo y más por mí, a un ser humano sin igual.*

*A ti Libia, que nunca te has separado de mi, que siempre me has dejado soñar y has  
soñado conmigo.*

*Te amo.*

*A mis guardianes: Mi tía Tata y mi abuelo Arturo.*

## AGRADECIMIENTOS

**A la Universidad Central de Venezuela.** Por ser una fuente infinita de conocimientos. Por formarme como profesional, y sobre todo como ser humano. Por ampliar mi visión de la vida. Por mostrarme el camino de la excelencia.

**A mi mamá.** Gracias por empujarme siempre, por ser inspiración, por enseñarme todo lo que una buena persona debe ser. Gracias por tu infinito amor. Todo este recorrido es más tuyo que mío. Todos los días voy por la calle agradeciéndole a Dios por que hayas sido tu quien me trajo al mundo.

**A mi papá.** Gracias por tu apoyo siempre, nada de esto hubiera sido posible sin ti. Gracias por permitirme escoger, por creer en mí. Gracias por ser mi ejemplo de trabajo, constancia y perseverancia. Te amo pa.

**A Alex y Alexis Arturo.** Ustedes también son inspiración. Gracias por jugar siempre en mi equipo, gracias por querer siempre ser un equipo. Los amo.

**A mi familia.** A mi abuela Germana, por estar siempre presente y atenta a todo mi crecimiento. A mis tías: Geno, Tata, Neyis y Yecennia. Son las mejores tías que he podido tener. Gracias por tanto cariño y afecto, gracias por su amor. Gracias por ser mi ejemplo de unión y hermandad. Gracias por regalarme más hermanos: Patry, Arian, Williams A, Williams D, Beta, Francisco. No hay mayor felicidad que estar junto a ustedes. Son mi adoración. A Lali, por estar siempre pendiente de mi y apoyarnos como una más en nuestra familia.

**A mis amigos.** Wilmer, Andreina, Julia, Marjelyn y Marquez, que más que amigos son mis hermanos. Gracias por ser sinónimo de alivio y felicidad. Gracias por ser apoyo siempre. Gracias por tantos momentos compartidos. Gracias por hacerme parte de ustedes. A María, tú conoces bien la magnitud de este camino, gracias por estar tan cerca, por ser tremenda compañera. A Fabiana, Natasha, Andrés M, Zandy,

Thaismar, Andrés G, Anggie y Liseth, que estuvieron codo a codo, en cada parcial, en cada evaluación, dándonos golpes juntos con cuanto número se nos atravesara durante todo el tiempo de la universidad. Por representar una vía de escape cuando todo se volvía caótico. ¡Gracias! A Marcos y a Alejandra, gracias por su amistad honesta y desinteresada, gracias por querer ser mis amigos, gracias por estar siempre pendiente de mí. A mi hermano Eriver, que nunca me ha fallado siempre que lo he necesitado. A Eloy, que me ha dado mil manos en este camino. Todos ustedes representan una parte importantísima en toda esta jornada. Su amistad es invaluable. Se les quiere muchísimo.

**Al Ing. Cesar Berdugo** por darme la oportunidad de cerrar con broche de Oro mi carrera profesional y su disposición a mostrarme la industria de la perforación direccional.

**A todo el equipo *Wellplanner***, de *Weatherfor Drilling Services* en la Base de Anaco. Gracias por su ayuda y por la transmisión de tantos conocimientos. Muy especialmente a Lourdes La Rosa, por ser una excelente guía y tutora, por tomarse el tiempo y la dedicación para ayudarme a culminar de manera exitosa este proyecto de investigación. Se les aprecia mucho.

**Al Prof. Pedro Díaz**, por mostrarse tan colaborador para dar el mejor cierre a este proyecto.

**Berthi L., Alexis R.**

**EVALUACIÓN TÉCNICO-ECONÓMICA DE LA HERRAMIENTA AGS (*ADJUSTABLE GAUGE STABILIZER*) EN POZOS TIPO *SLANT* DE LA FAJA PETROLÍFERA DEL ORINOCO.**

**Tutor Académico: Prof. Pedro Díaz. Tutor Industrial: Ing. Cesar Berdugo.**

**Tesis. Caracas, U.C.V. Facultad de Ingeniería. Escuela de Ingeniería de Petróleo.**

**2013, (228p.)**

**Palabras Claves:** Estabilizadores, Perforación direccional, Ensamblaje de fondo, Pozos *Slant*, Faja Petrolífera del Orinoco, *Weatherford Latin America S.A.*

**Resumen:** El *StableLine™* AGS es un Estabilizador de Calibre Ajustable desarrollado y traído a Venezuela por la compañía *Weatherford Latin America S.A.*, por lo que no se conoce su desempeño en trabajos de perforación en el país. Se realizaron las pruebas de esta herramienta en la Localización CD-AC del Distrito Morichal en la Faja Petrolífera del Orinoco. ¿Es posible implementar el AGS para que, según desee, un ensamblaje de fondo adquiera características de ensamblajes tanto de construir como para mantener?, además de eso, ¿Qué efecto tendría su implementación en variables como torque, arrastre, deslizamientos y rotaciones? ¿Qué avances en perforación de pozos *slant* se lograrían a través de la evaluación técnico-económica de la herramienta AGS? Finalmente, ¿Es rentable la inversión en este estabilizador? Las respuestas a estas preguntas se encuentran desarrolladas en el presente trabajo de investigación así como también todo lo relacionado a los mecanismos de funcionamiento y operatividad de este estabilizador, con el fin de sentar una base de conocimiento con la cual se pueda ampliar la información acerca de su uso correcto. Asimismo se logra comprobar que la implantación de AGS optimiza operacionalmente la perforación de pozos *slant*.

## ÍNDICE DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS .....	XIII
ÍNDICE DE FIGURAS .....	XVI
INTRODUCCIÓN .....	1
CAPÍTULO I .....	3
EL PROBLEMA .....	3
I.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	3
I.2. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN .....	5
I.2.1. Objetivo General.....	5
I.2.2. Objetivos Específicos .....	5
I.3. JUSTIFICACIÓN, ALCANCE Y LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN .....	5
I.3.1. Justificación de la investigación.....	5
I.3.2. Alcance.....	6
I.3.3. Limitaciones .....	7
CAPÍTULO II .....	8
MARCO TEÓRICO .....	8
II.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN .....	8
II.2. BASES TEÓRICAS.....	13
II.2.1. Perforación Direccional .....	13
II.2.2. Aplicaciones de la Perforación Direccional .....	13
II.2.3. Secciones que conforman un pozo direccional .....	18
II.2.4. Perfiles de pozos direccionales .....	19
II.2.5. Sarta de perforación .....	21
II.2.6. Tubería de perforación ( <i>Drill pipe</i> ) .....	21



II.2.7. Ensamblaje de fondo (BHA, <i>Bottom Hole Assemblies</i> ) .....	23
II.2.8. Efectos causados por el ensamblaje de fondo .....	36
II.2.9. Principios básicos de Control Direccional y Tipos de ensamblaje de fondo.....	38
II.2.10. Factores que afectan el comportamiento direccional de los ensamblajes de fondo .....	42
II.2.11. Diseño mecánico de los ensamblajes de fondo .....	47
II.2.12. Selección del tipo de estabilizador .....	47
II.3. OPERATIVIDAD DEL ESTABILIZADOR DE CALIBRE AJUSTABLE <i>STABLELINE™</i> AGS	48
II.3.1. Estabilizador de Calibre Ajustable <i>StableLine™</i> AGS .....	48
II.3.2. Aplicaciones .....	49
II.3.3. Características, Ventajas y Beneficios .....	49
II.3.4. Ciclo del estabilizador de calibre ajustable.....	50
II.3.5. Selección de obturador de carburo .....	52
II.3.6. Prueba de superficie del <i>StableLine™</i> AGS .....	53
II.3.7. Funcionamiento.....	55
II.3.8. Post-funcionamiento .....	56
II.4. PARÁMETROS OPERACIONALES.....	63
II.4.1. Velocidad de perforación.....	64
II.4.2. Velocidad de rotación (RPM).....	64
II.4.3. Peso sobre la mecha (WOB) .....	64
II.4.4. Densidad del lodo .....	64
II.4.5. Caudal de perforación .....	65
II.4.6. Desviación o <i>Dogleg</i> (DL).....	65
II.4.7. Tasa de Construcción de Ángulo o <i>Dogleg Severity</i> (DLS) .....	65
II.4.8. Fricción.....	66

II.4.9. Torque.....	67
II.4.10. Arrastre.....	68
II.4.11. Vibraciones .....	70
II.5. SIMULADOR .....	71
II.5.1. DEPRO® .....	71
CAPÍTULO III .....	73
DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO.....	73
III.1. CUENCA ORIENTAL DE VENEZUELA .....	73
III.1.1 Estratigrafía de la Cuenca Oriental de Venezuela .....	74
III.2. FAJA PETROLÍFERA DEL ORINOCO (FPO).....	76
III.2.1 Ubicación geográfica de la Faja Petrolífera del Orinoco .....	76
III.2.2. Datos generales de la Faja Petrolífera del Orinoco .....	77
III. 2.3. Características estructurales de la FPO .....	77
III.3. ÁREA CARABOBO .....	79
III.3.1. Ubicación del Área Carabobo .....	79
III.3.2. Características generales del Área Carabobo .....	79
III.3.3. Estructura en Área Carabobo .....	80
II.3.4. Estratigrafía.....	80
III.3.5. Ambiente de sedimentación.....	82
III.4. LOCALIZACIÓN CD-AC .....	83
III.4.1. Ubicación Geográfica.....	83
III.4.2. Geología Regional .....	84
III.4.3. Geología Local.....	85

CAPÍTULO IV .....	92
MARCO METODOLÓGICO.....	92
IV.1. NIVEL DE LA INVESTIGACIÓN .....	93
IV.2. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN .....	94
IV.4. POBLACIÓN Y MUESTRA .....	95
IV.5. COMPONENTES, FUNCIONES Y MECANISMOS DE OPERACIÓN DE LA HERRAMIENTA AGS.....	96
IV.6. GEOLOGÍA DE LA ZONA EN ESTUDIO CON AGS .....	97
IV.7. RECOPIACIÓN DE PARÁMETROS DE OPERACIÓN DURANTE LA CONSTRUCCIÓN DE POZOS TIPO <i>SLANT</i> DE LA FAJA PETROLÍFERA DEL ORINOCO.....	98
IV.8. EVALUACIÓN DEL DISEÑO DE ENSAMBLAJES DE FONDO USADOS EN LA PERFORACIÓN DE POZOS TIPO <i>SLANT</i> EN LA FAJA PETROLÍFERA DEL ORINOCO A TRAVÉS DE SIMULADORES .....	105
IV.8.1 Evaluación de Torque y Arrastre en los hoyos <i>slant</i> de la locación CD-AC .....	105
IV.9. ANÁLISIS DEL RENDIMIENTO OPERACIONAL DE LA HERRAMIENTA AGS EN LA PERFORACIÓN DE POZOS TIPO <i>SLANT</i> DE LA FAJA PETROLÍFERA DEL ORINOCO .....	110
IV.10. ESTUDIO ECONÓMICO <i>STABLELINE™</i> AGS.....	112
CAPÍTULO V .....	115
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	115
V.1. EVALUACIÓN DEL DISEÑO DE ENSAMBLAJES DE FONDO USADOS EN LA PERFORACIÓN DE POZOS <i>SLANT</i> EN LA FAJA PETROLÍFERA DEL ORINOCO A TRAVÉS DE SIMULADORES.....	115
V.1.1. Evaluación de Torque y Arrastre en hoyos <i>slant</i> CDM0001E-1 y CDM0002E-2 .....	115
V.2. ANÁLISIS DEL RENDIMIENTO OPERACIONAL DE LA HERRAMIENTA AGS EN LA PERFORACIÓN DE POZOS TIPO <i>SLANT</i> EN LA FAJA PETROLÍFERA DEL ORINOCO.....	121
V.2.1. Evaluación del cumplimiento del plan .....	122

V.2.2. Análisis de los parámetros de perforación.....	140
V.2.3. Deslizamientos y Rotaciones en los hoyos <i>slant</i> de la localización CD-AC.....	146
V.3. ESTUDIO ECONÓMICO <i>STABLELINE</i> <sup>TM</sup> AGS.....	147
CONCLUSIONES.....	150
RECOMENDACIONES.....	152
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	153
BIBLIOGRAFÍA.....	156
APÉNDICES.....	157
APÉNDICE A. SELECCIÓN DE OBTURADOR DE CARBURO.....	157
APÉNDICE B. PROCEDIMIENTO DE REEMPLAZO DE OBTURADOR DE <i>STABLELINE</i> <sup>TM</sup> AGS .....	161
ANEXOS.....	165
ANEXO 1. INFORME DE SERVICIO DE <i>STABLELINE</i> <sup>TM</sup> AGS SERIAL #6753534 USADO EN TALADRO PTX-5810 EN LOCALIZACIÓN CDM-116.....	165
ANEXO 2. PERFIL DE TORQUE Y ARRASTRE DE LOS HOYOS <i>SLANT</i> CDM0001E-1 Y CDM0002E-2.....	174
ANEXO 3. TIEMPOS PLANIFICADOS, REALES Y EFECTIVOS LOCALIZACIÓN CD-AC.....	183

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla II. 1. Pesos de tuberías de perforación.....	22
Tabla II. 2. Grados de tubería de perforación .....	22
Tabla II. 3. Rangos de tuberías de perforación .....	23
Tabla II. 4. Tipos de tuberías de perforación según su uso.....	23
Tabla II. 5. Tabla de fases del estabilizador de calibre ajustable .....	51
Tabla II. 6. Porcentaje de factores de fricción para lodo base aceite y base agua .....	68
Tabla IV. 1. Parte de Slide sheet CDM0001E-1 .....	102
Tabla V. 1. Plan versus <i>Survey</i> Hoyo CDM0001E-1 – Miembro Pilón .....	122
Tabla V. 2. Plan versus <i>Survey</i> Hoyo CDM0002E-2 – Miembro Pilón .....	124
Tabla V. 3. Pies fuera del Plan en la sección tangencial – Miembro Pilón.....	125
Tabla V. 4. Plan versus <i>Survey</i> Hoyo CDM0001E-1 – Miembro Jobo .....	125
Tabla V. 5. Plan versus <i>Survey</i> Hoyo CDM0002E-2 – Miembro Jobo .....	127
Tabla V. 6. Pies fuera del Plan en la sección tangencial – Miembro Jobo .....	128
Tabla V. 7. Plan versus <i>Survey</i> Hoyo CDM0001E-1 – Miembro Jobo .....	128
Tabla V. 8. Plan versus <i>Survey</i> Hoyo CDM0002E-2 – Miembro Yabo .....	129
Tabla V. 9. Pies fuera del Plan en la sección tangencial – Miembro Yabo.....	130
Tabla V. 10. Plan versus <i>Survey</i> Hoyo CDM0001E-1 – Miembro Morichal - Marcador O-11.....	130
Tabla V. 11. Plan versus <i>Survey</i> Hoyo CDM0002E-2 – Morichal - Marcador O-11 ...	133
Tabla V. 12. Pies fuera del Plan en la sección tangencial – Morichal - Marcador O-11 .....	133
Tabla V. 13. Plan versus <i>Survey</i> Hoyo CDM0001E-1 – Miembro Morichal - Marcador O-12.....	134
Tabla V. 14. Plan versus <i>Survey</i> Hoyo CDM0002E-2 – Morichal - Marcador O-12 ...	135

Tabla V. 15. Pies fuera del Plan en la sección tangencial – Morichal - Marcador O-12 .....	135
Tabla V. 16. Plan versus <i>Survey</i> Hoyo CDM0001E-1 – Miembro Morichal - Marcador O-13.....	136
Tabla V. 17. Plan versus <i>Survey</i> Hoyo CDM0002E-2 – Morichal - Marcador O-13 ...	137
Tabla V. 18. Pies fuera del Plan en la sección tangencial – Morichal - Marcador O-13 .....	137
Tabla V. 19. Plan versus <i>Survey</i> Hoyo CDM0001E-1 – Miembro Morichal - Marcador O-14.....	138
Tabla V. 20. Plan versus <i>Survey</i> Hoyo CDM0002E-2 – Miembro Morichal - Marcador O-14.....	139
Tabla V. 21. Pies fuera del Plan en la sección tangencial – Miembro Morichal - Marcador O-14.....	140
Tabla V. 22. Parámetros operacionales durante perforación de Miembro Pílon.....	141
Tabla V. 23. Parámetros operacionales durante perforación de Miembro Jobo .....	141
Tabla V. 24. Parámetros operacionales durante perforación de Miembro Yabo.....	142
Tabla V. 25. Parámetros operacionales durante perforación del Marcador O-11 - Miembro Morichal .....	143
Tabla V. 26. Parámetros operacionales durante perforación del Marcador O-12 - Miembro Morichal .....	144
Tabla V. 27. Parámetros operacionales durante perforación del Marcador O-13 - Miembro Morichal .....	145
Tabla V. 28. Parámetros operacionales durante perforación del Marcador O-14 - Miembro Morichal .....	145
Tabla V. 29. Deslizamientos y rotaciones durante la perforación de los hoyos <i>slant</i> en Loc. CD-AC.....	146
Tabla 2. 1. Resultados Torque y Arrastre en simulación hoyo CDM0001E-1 (Slant 1) .....	175

Tabla 2. 2. Resultados Torque y Arrastre en simulación hoyo CDM0002E-2 (Slant 2)  
..... 176

Tabla 3.1. Tiempo Planificado CDM0001E-1..... 183

Tabla 3. 2. Tiempo real CDM0001E-1..... 183

Tabla 3. 3. Tiempo efectivo CDM0001E-1..... 192

Tabla 3. 4. Tiempo Planificado CDM0002E-2..... 195

Tabla 3. 5. Tiempo real CDM0002E-2..... 196

Tabla 3. 6. Tiempo efectivo CDM0002E-2..... 205

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura II. 1 Evasión de perforación de domos salinos.....	14
Figura II. 2. Construcción de pozos de alivio.....	14
Figura II. 3. Perforación costa afuera de macollas.....	15
Figura II. 4. Perforación en zonas inaccesibles.....	16
Figura II. 5. Perforación de múltiples arenas a través de un mismo pozo.....	16
Figura II. 6. Realización de <i>sidetrack</i> .....	17
Figura II. 7. Perforación desde tierra.....	17
Figura II. 8. Perforación horizontal.....	18
Figura II. 9. Perfil construir y mantener.....	19
Figura II. 10. Perfil construir-mantener-tumbar.....	19
Figura II. 11. Esquemas de la sarta de perforación.....	24
Figura II. 12. Motor de fondo y sus componentes.....	31
Figura II. 13. Estabilizadores de aletas (álabes) soldadas.....	33
Figura II. 14. Estabilizador de álabes integrados.....	34
Figura II. 15. Estabilizadores tipo camisa.....	35
Figura II. 16. Estabilizadores de grapa.....	35
Figura II. 17. Estabilizador de camisa de caucho.....	36
Figura II. 18. Efecto de peso sobre la mecha.....	37
Figura II. 19. Efectos de desvío en ensamblajes de fondo.....	38
Figura II. 20. Ensamblaje para construir.....	39
Figura II. 21. Respuesta a construir y Esquemas de ensamblajes de construcción.....	39
Figura II. 22. Ensamblaje para tumbar.....	40
Figura II. 23. Respuesta a tumbar y Esquemas de ensamblajes de decremento.....	41
Figura II. 24. Ensamblaje para sostener inclinación.....	41
Figura II. 25. Respuesta a mantener y Esquemas de ensamblajes de mantener.....	42
Figura II. 26. Tipos de mechas de perforación.....	46



Figura II. 27. <i>StableLine™</i> AGS .....	49
Figura II. 28. Posiciones de las hojas del <i>StableLine™</i> AGS.....	50
Figura II. 29. Posición de pistón en AGS.....	52
Figura II. 30. <i>StableLine™</i> AGS en torquemaster .....	57
Figura II. 31. Gato hidráulico ejerciendo presión sobre AGS .....	58
Figura II. 32. Desenrosque de tornillos para liberar cuerpo interno .....	58
Figura II. 33. Desmontaje de aletas de AGS .....	59
Figura II. 34. Desmontaje del <i>choke housing</i> .....	59
Figura II. 35. Extracción del cuerpo interno AGS .....	60
Figura II. 36. Camisa y cuerpo AGS separados .....	60
Figura II. 37. <i>Spring Compression Sleeve</i> y <i>Ramp Clamp Key</i> .....	61
Figura II. 38. <i>Spring Compression Sleeve</i> y <i>Ramp Clamp Key</i> .....	61
Figura II. 39. Vista de Sistema de leva.....	62
Figura II. 40. Resorte desanclado .....	62
Figura II. 41. Desmontaje final .....	63
Figura II. 42. Equipo técnico Down Hole Motors .....	63
Figura II. 43. Pata de perro ( <i>dogleg</i> ) .....	66
Figura II. 44. Efecto combinado de la fricción sobre la sarta de perforación .....	67
Figura II. 45 Movimientos de vibraciones comunes en el BHA.....	70
Figura III. 1. La Faja Petrolífera del Orinoco en la Cuenca Oriental .....	74
Figura III. 2. Columna estratigráfica de la Cuenca Oriental de Venezuela.....	75
Figura III. 3. Ubicación Faja Petrolífera del Orinoco – Áreas Principales.....	76
Figura III. 5. Configuración estructural esquemática de la FPO.....	78
Figura III. 6. Columna estratigráfica tipo para el área de Carabobo.....	81
Figura III. 7. Ubicación Geográfica de la localización CD-AC en el área Intercampos Cerro Negro – Morichal.....	84
Figura III. 8. Columna estratigráfica Tipo del Campo Cerro Negro, Pozo CNX0005 ...	88

Figura III. 9. Sección estratigráfica entre los pozos: CN 0117, CNX0005, CN 0096, CN 0197, MOR0029 .....	89
Figura III. 10. Mapa isópaco-estructural Yacimiento OFIM CNX 5.....	91
Figura IV. 1. Evaluación AGS.....	93
Figura IV. 2. <i>Slide Sheet</i> usado en el pozo CDM0002E 2.....	100
Figura IV. 3. Generalidades del pozo CDM0001E-1 .....	106
Figura IV. 4. Dirección del pozo CDM0001E-1 .....	107
Figura IV. 5. Configuración de intervalo a simular, configuración de tuberías de ensamble de fondo y datos de la mecha utilizada en el hoyo CDM0001E-1.....	108
Figura IV. 6. Selección de operaciones y especificación de parámetros operacionales hoyo CDM0001E1.....	109
Figura IV. 7. Información acerca del tipo de taladro, propiedades del lodo e hidráulica en hoyo CDM0001E-1 .....	110
Figura IV. 8. Tiempos de perforación de hoyos <i>slant 1</i> –Localización CD-AC.....	113
Figura IV. 9. Figura. Estimaciones de tiempos de operaciones hoyo CDM0001E-1 ( <i>SLANT 1</i> ).....	114
Figura V. 1. Carga en el gancho vs Profundidad de la sarta – Hoyo CDM0001E-1 ( <i>SLANT 1</i> ).....	116
Figura V. 2. Carga en el gancho vs Profundidad de la sarta – Hoyo CDM0002E-2 ( <i>SLANT 2</i> ).....	116
Figura V. 3. Torque en superficie vs Profundidad de la sarta – Hoyo CDM0001E-1 ( <i>SLANT 1</i> ).....	117
Figura V. 4. Torque en superficie vs Profundidad de la sarta – Hoyo CDM0002E-2 ( <i>SLANT 2</i> ).....	118
Figura V. 5. Perfil del Torque – Hoyo CDM0001E-1 ( <i>SLANT 1</i> ) .....	119
Figura V. 6. Perfil del Torque – Hoyo CDM0002E-2 ( <i>SLANT 2</i> ) .....	119
Figura V. 7. Fuerza axial – Hoyo CDM0001E-1 ( <i>SLANT 1</i> ) .....	120
Figura V. 8. Fuerza axial – Hoyo CDM0002E-2 ( <i>SLANT 2</i> ) .....	120

Figura V. 9. Tiempo planificado, tiempo real total y tiempo efectivo – Hoyo CDM0001E-1 (Slant 1).....	148
Figura V. 10. Tiempo planificado, tiempo real total y tiempo efectivo – Hoyo CDM0002E-2 (Slant 2).....	148
Figura A. 1. Gráfico de tamaños de obturadores de estabilizador de calibre ajustable de 6" y 6,125" .....	159
Figura A. 2. Gráfico de tamaños de obturadores de estabilizador de calibre ajustable de 8,50" .....	160
Figura A. 3. Gráfico de tamaños de obturadores de estabilizador de calibre ajustable de 12,250" .....	160
Figura B. 1.....	161
Figura B. 2.....	162
Figura B. 3.....	162
Figura B. 4.....	163
Figura B. 5.....	163
Figura B. 6.....	164
Figura B. 7.....	164

## INTRODUCCIÓN

En el pasado, el objetivo principal era perforar los pozos a la mayor velocidad posible sin preocuparse por la desviación del hoyo, con el fin de poner a producir en el menor tiempo posible. Los perforadores asumían que los pozos eran rectos, de modo que si se desviaban, se perforaban pozos en alguna dirección desconocida. La ubicación de una gran cantidad de yacimientos dio pie a la exigencia de perforar hoyos inclinados, lo que provocó el perfeccionamiento de la tecnología necesaria para el control intencional del grado de inclinación, rumbo y desplazamiento lateral que debe tener el hoyo desviado con respecto a la vertical para llegar al objetivo seleccionado, por lo que así, se dio inicio a la perforación direccional controlada.

La Faja Petrolífera del Orinoco (FPO) ocupa la parte Sur de la Cuenca Oriental de Venezuela y reúne un conjunto de yacimientos que poseen más de mil trescientos millones de barriles de crudo. Como consecuencia, se ha suscitado la necesidad de hacer mucho trabajo de exploración en dicha zona lo que implica la realización de numerosos pozos. Estudios previos han determinado que los pozos de la FPO se deben realizar con perforación direccional de pozos horizontales, porque permiten un mejor aprovechamiento a menor costo dada la forma en cómo se encuentran distribuidas las acumulaciones de petróleo en este lugar.

En la FPO la construcción de estos pozos horizontales es comúnmente acompañada con la previa elaboración de otros pozos, también direccionales, pero de tipo *slant*. El pozo es perforado desde superficie de manera vertical, luego comienza una sección de construcción de ángulos entre 0° y 45° seguida de una sección tangencial o de sostenimiento. Los pozos tipo *slant* actúan como pilotos que permiten la obtención de datos fehacientes del subsuelo lo que a su vez logra una disminución

de riesgos en la construcción de pozos de mayor complejidad como lo son los horizontales. En líneas generales los pozos *slant* aportarían información geológica de la zona a perforar, como: litología y topes de formaciones, además de presiones en la zona, acuíferos, etc, a la vez que se emplearían como pozos productores según sea el caso.

Hoy en día la optimización de tiempos en la perforación de pozos direccionales es fundamental debido a los altos costos que estos demandan, si se lograra una reducción de los mismos, esto provocaría un gran beneficio económico. Es por ello que esta investigación propone hacer una evaluación del uso de la herramienta Estabilizador de Calibre Ajustable (AGS) desarrollada por la compañía de servicios *Weatherford Latin America S.A.*, con el fin de sentar una base de conocimiento con la cual se pueda ampliar la información acerca del buen uso de este estabilizador y en el mejor de los casos comprobar que con ello se puede optimizar la perforación direccional en secciones tangenciales de pozos tipo *slant*.

# CAPÍTULO I

## EL PROBLEMA

### I.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Actualmente, la explotación exitosa de la Faja Petrolífera del Orinoco está basada fundamentalmente en la perforación de pozos horizontales en producción en frío bajo el arreglo de macollas. Como se ha dicho la perforación de pozos horizontales suele estar antecedida por la construcción de pozos tipo *slant*, el gran número de pozos de este tipo que se requieren en el desarrollo de la faja ha despertado el interés de la compañía de servicio *Weatherford Latin America S.A.* en optimizar esta clase de operaciones. En ese sentido, ha resaltado con especial consideración la presencia continua de *slides* o deslizamientos de la sarta de perforación en estos trabajos como uno de los elementos que marchan dirección opuesta al desempeño ideal de la perforación.

En perforación direccional es sabido que dependiendo de cómo este conformado y configurado el ensamblaje de fondo este podrá utilizarse para lograr determinados efectos en la trayectoria que se desee tenga el pozo. Se puede incrementar el grado de construcción, si el ensamblaje es para construir, o se puede sostener la inclinación, si se trata de un ensamblaje para mantener. Dicho esto, lo ideal sería que en la construcción de un pozo tipo *slant*, que necesita una sección de construcción de ángulos seguida de una sección tangencial o de sostenimiento, se usen dos tipos de ensamblaje de fondo para llevar a cabo cada una de estas fases de la mejor manera posible de forma de alcanzar el objetivo establecido.

Esta concepción no es necesariamente aplicada, como todos saben los altos costos involucrados de cualquier operación que se deba realizar en perforación, el uso de dos tipos de BHA implicaría efectuar un viaje de tuberías para cambiar uno por otro,

con lo cual aumentaría la duración del trabajo y de allí los costos, por lo que los perforadores direccionales, luego de alcanzar la inclinación deseada en la fase construcción, prefieren conservar la sarta con el mismo BHA para elaborar la sección de sostenimiento. Este procedimiento reduce costos pero trae consigo consecuencias como, los aumentos de deslizamientos de sarta, los que producen disminución a su vez de tasas de penetración (ROP). De igual forma se sabe que los continuos *slides* aumentan factores como la tortuosidad, torque y arrastre, efectos negativos en la construcción de un pozo.

El complejo proceso llevado a cabo mientras se perfora direccionalmente depende de muchas variables, y ya se ha hablado del gran impacto económico que tiene esta actividad sobre la explotación de cualquier campo petrolero, de allí el interés perenne de las compañías en la búsqueda incesante de optimización de cada uno de los agentes participantes en ella. De modo que esto conlleva al continuo mejoramiento de los equipos y herramientas que forman parte del ensamblaje de fondo de una sarta de perforación direccional, además de numerosos estudios que permitan su implementación correcta y justifiquen dicho uso. He allí el punto de inicio de esta investigación. La herramienta *Adjustable Gauge Stabilizer* es una herramienta nueva traída a Venezuela por la compañía *Weatherford Latin America S.A.*, por lo que no se conoce su desempeño en trabajos de perforación en el país. Es por ello que en lo próximo se busca dar respuesta a interrogantes como:

¿Es posible implementar el AGS para que, según desee, un ensamblaje de fondo adquiriera características de ensamblajes tanto de construir como para mantener?, además de eso, ¿Qué efecto tendría su implementación en variables como torque, arrastre, deslizamientos y rotaciones?

¿Qué avances en perforación de pozos *slant* se lograrían a través de la evaluación técnico-económica de la herramienta AGS?

Finalmente, ¿Es rentable para las compañías la inversión en este estabilizador?

## **I.2. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN**

### **I.2.1. Objetivo General**

Evaluar técnico-económicamente el uso de la herramienta AGS (*Adjustable Gauge Stabilizer*) en pozos tipo *slant* de La Faja Petrolífera del Orinoco.

### **I.2.2. Objetivos Específicos**

- Explicar componentes, funciones y mecanismos de operación de la herramienta AGS.
- Describir geológicamente la zona que se atravesará con AGS.
- Recopilar los parámetros de operación a los que estará sujeta la sarta de perforación durante la construcción de pozos tipo *slant* en la Faja Petrolífera del Orinoco.
- Evaluar el diseño de ensamblajes de fondo usados en la perforación de pozos tipo *slant* en la Faja Petrolífera del Orinoco a través de simuladores.
- Analizar el rendimiento operacional de la herramienta AGS en la perforación de pozos tipo *slant* en la Faja Petrolífera del Orinoco.
- Evaluar la factibilidad económica de la herramienta AGS en pozos tipo *slant* en la Faja Petrolífera del Orinoco.

## **I.3. JUSTIFICACIÓN, ALCANCE Y LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN**

### **I.3.1. Justificación de la investigación**

Las compañías que tienen su campo de desarrollo en la industria petrolera permanecen en análisis continuo de los parámetros operacionales que toman parte durante la construcción de un pozo. Con el propósito de aumentar la eficiencia de las actividades a lo largo de la perforación de un pozo direccional, de forma que esto



permita la reducción de los tiempos y mejora en los trabajos futuros, se realizan estudios permanentes, entre otras cosas, en cuánto a tipos ensamblaje de fondo. De allí que, es fundamental el estudio de cada uno de los componentes del ensamblaje de fondo, entre los cuales se tienen los estabilizadores. El beneficio de estos estudios se resume en remuneración económica; los entes protagonistas en el contexto de este proyecto, es decir compañías operadoras y de servicio se beneficiarían de forma que reducirían los niveles de inversión a la vez que aumentarían su número de contratos, respectivamente, obteniendo como resultado último su consolidación en la industria. En vista de este planteamiento, la compañía de servicios *Weatherford Latin America S.A.*, con el propósito de fomentar el avance tecnológico en el país considera necesario la evaluación del uso de la herramienta *Adjustable Gauge Stabilizer* en la FPO.

Desde el punto de vista teórico, destaca la importancia en definir un marco de referencia para la validación de las actividades direccionales en la FPO en cuanto al empleo del AGS se refiere, esto con el objeto de recomendar futuras estrategias que permitan el ahorro de tiempo y dinero en futuros planes de perforación, con el propósito final de optimizar las operaciones.

### **I.3.2. Alcance**

Esta investigación tiene como premisa establecerse como una referencia en el estudio de la herramienta Estabilizador de Calibre Ajustable (AGS) en el país. La compañía de servicios petroleros *Weatherford Latin America S.A.* desea implementarla como método de control direccional de ensamblaje de fondo, en secciones tangenciales durante las perforaciones de pozos *slant*, de modo que se pretende dar validez científica a su uso. A tales fines, este trabajo se distinguiría como un impulso, respecto a hacer del empleo de este estabilizador, una rutina en la perforación direccional.

El proyecto a desarrollar serviría además como diagnóstico de factores, tanto positivos como negativos, que surgirían una vez implementado el estabilizador. Variables como torque, arrastre, tortuosidad, entre otras, serán exploradas en la justipreciación del AGS.

Finalmente, representa sumo interés establecer una base de conocimiento para enmarcar las aplicaciones de la herramienta así como su factibilidad económica, tomando como punto de partida su evaluación técnico-económica.

### **I.3.3. Limitaciones**

Expuesta la intención de corrida en campo del Estabilizador de Calibre Ajustable es de riesgo notorio en el logro de este objetivo, los posibles problemas operacionales que se presentan en la elaboración del pozo, como por ejemplo, una pérdida de circulación, la cual podría detener la perforación y con ello evitar la prueba adecuada de la herramienta.

Por otro lado, que no se consigan proyectos/contratos con la operadora para que acepte el uso de la herramienta nueva también se presenta como un impedimento en la obtención de los datos en campo.

Así mismo, el poco tiempo de entrenamiento con el *software* comercial para evaluar comportamientos de ensamblajes de fondo y sartas de perforación y la falta de práctica con la herramienta computacional, DEPRO®, la cual se emplea como instrumento para realizar el proyecto.

Por último, poca experiencia de perforación de pozos tipo *slant* con AGS en la zona de estudio, por lo que solo se conocen datos teóricos de la herramienta.

## CAPÍTULO II

### MARCO TEÓRICO

#### II.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

Desde las primitivas herramientas utilizadas para perforar en busca de sal durante cientos de años hasta el desarrollo de las técnicas modernas, se han realizado impresionantes avances en la tecnología de perforación. Con el advenimiento de la perforación rotativa que se produjo alrededor de 1901, los perforadores obtuvieron un mayor control para alcanzar el objetivo deseado. Los avances posteriores dependieron del desarrollo de sistemas de relevamiento (*Survey*) más precisos y dispositivos de fondo. (Downto, Skei, Hendricks, & Pafitis, 2000).

La desviación intencional de los pozos de perforación, según Williams (2004), se incorporó en la práctica a fines de la década de 1920 cuando los operadores buscaban rodear las obstrucciones, perforar pozos de alivio para recuperar el control después de una arremetida imprevista, evitar determinadas características de la superficie e impedir que los hoyos verticales se curvaran. Los perforadores comenzaron a pensar en cómo dirigir un pozo hacia una dirección en particular.

A criterio de Feclzak, y otros (2011), durante las dos décadas pasadas, el desarrollo de nuevas tecnologías de perforación continuó ganando ímpetu. El desarrollo del motor de lodo constituyó un poderoso complemento para los avances en la tecnología. Esta clase de progreso ha logrado que los sistemas rotativos direccionales permitan planificar geometrías de pozos complejas. De los resultados obtenidos en ese sentido, algunos resultaron muy elocuentes: en 1999, el sistema rotativo direccional *PowerDrive* contribuyó en la perforación del pozo de producción de petróleo y gas más largo del mundo.

Antes del desarrollo de los sistemas direccionales de última generación, como lo expresan Downto, Skei, Hendricks, & Pafitis (2000), el correcto emplazamiento de los portamechas y los estabilizadores en el conjunto de fondo de pozo (BHA) les permitían a los perforadores controlar el incremento o la reducción angular. Los perforadores descubrieron que, con modificaciones al BHA rotativo, se podía cambiar el ángulo de inclinación de la sarta de perforación de la sarta de perforación. Mediante la variación de la posición del estabilizador, los perforadores podían afectar el equilibrio del BHA, forzándolo a aumentar, mantener o disminuir la inclinación del pozo con respecto a la vertical.

Desde entonces, la tecnología de perforación direccional ha progresado apoyándose en ensamblajes de pozos básicos hasta mejorar cada uno de sus componentes de tal forma que permitan el uso de sistemas rotativos controlados desde superficie que guían con precisión la mecha hasta su destino final.

Hoy por hoy, las compañías de exploración y producción planifican trayectorias y configuraciones de pozos cada vez más exóticas que continúan extendiendo los límites de la tecnología de perforación existente, procurando al mismo tiempo ahorros de costos y mejoras en la calidad de las operaciones.

Todo lo antes expuesto ha sentado precedentes para la investigación que aquí compete, esto es: ha dejado en evidencia el interés constante de los entes implicados en perforación direccional por mejorar continuamente las herramientas usadas y las operaciones que se hacen con estas. El motivo no es más que el éxito de los sistemas rotativos direccionales de primera generación, los cuales incrementaron sustancialmente la demanda, de modo que se hacen imperiosos estudios como este.

Como sustento y apoyo para el desarrollo inicial del presente trabajo especial de grado, a continuación se describen algunas tesis, investigaciones y proyectos que presentan objetivos similares a los que aquí se han establecido.

En el presente año, Ramírez, en su trabajo “Determinación de la factibilidad del uso del sistema rotativo direccional en perforación de pozos horizontales en la fase de navegación”, determinó la factibilidad de usar el Sistema Rotativo Direccional (RSS) *Revolution* en la perforación de pozos horizontales en la fase de navegación en la FPO. Este surgió por la necesidad de emplear nuevas tecnologías que permitan disminuir las grandes inversiones que conlleva la perforación de dicha fase en la FPO. En el desarrollo se calcularon las vibraciones, fuerzas de contacto, pandeo, esfuerzos y momentos de flexión empleando el programa *WellDrill*®; y se evaluó el torque y arrastre en los ensamble de fondo con el programa *DEPRO*®. La comparación de las herramientas, se llevó a cabo desde el punto de vista técnico y económico, tomando en cuenta las propiedades técnicas, capacidad de ajustarse al plan de perforación, tiempos de operación y costos asociados. Concluyendo que es factible, técnica y económicamente el uso del RSS para la navegación de los pozos de la Faja Petrolífera del Orinoco.

En el año 2007, Acosta realizó una “Evaluación de las actividades de perforación direccional en el pozo horizontal MFB-737, ubicado en el campo Bare, distrito San Tomé de la Faja Petrolífera del Orinoco, del estado Anzoátegui”; con el objeto de determinar por qué la trayectoria del pozo real varía del diseño del pozo planificado, con el fin último de optimizar las operaciones futuras en el mencionado campo. El estudio comprendió, la descripción del perfil direccional del pozo y los ensamblajes de fondo propuestos, un control y seguimiento de los parámetros de perforación y los diferentes ensamblajes de fondo utilizados, un análisis de los problemas operacionales y validación de las actividades. La evaluación de las actividades de perforación del pozo sirvió de base para definir estrategias operacionales para proyectos futuros del área, bajo las mismas condiciones, así mismo se logró concluir que en secciones horizontales muy extensas el peso sobre la mecha no es efectivo y se propuso un diseño de sarta para mejorar la efectividad del mismo.

Hernández (2006) presenta un estudio sobre la “Validación de actividades de perforación direccional, analizando el diseño, los parámetros reales de perforación y las estrategia seguidas”; se propuso determinar estrategias operacionales que permitieran el ahorro de tiempo en la perforación de pozos futuros, concluyendo que el uso de la camisa ajustable tiene considerable eficiencia en la perforación direccional de un pozo, en las secciones correspondientes a incremento y mantenimiento de ángulo.

Berdugo en su trabajo publicado en 2005, “Evaluación técnico-económica del uso de herramientas de registro y medición en tiempo real, durante la perforación de pozos direccionales, Campos Bare y Melones”, pretendía establecer una base de referencia para enmarcar las aplicaciones de las herramientas en tiempo real y las convencionales y de igual forma con los campos entre sí; así como su rentabilidad económica, a través de la identificación de posibles problemas operacionales y el aporte de recomendaciones para mejorar la perforación. El estudio le permitió concluir que las herramientas MWD y LWD de *Weatherford Latin América S.A.* presentan un desempeño óptimo según el estudio de los valores de los registros corridos en cada pozo y que a través esta herramienta se puede evaluar la eficiencia de las maniobras direccionales en pozos de ambos campos.

Chaparro (2000), presenta un “Modelo preliminar sobre el análisis de los principales parámetros operacionales durante la perforación”, estableció la eficiencia de las actividades a lo largo de la perforación de un pozo direccional para reducir los tiempos y mejorar las operaciones futuras, especialmente desde el punto de vista de la dirección del pozo a través del análisis de los ensamblajes de fondo, tipo de formación, fluidos de perforación, entre otros; en el cual, se concluyó que es significativamente eficiente para establecer correcciones en cuanto a dirección y orientación del pozo, tomar registros direccionales después de deslizar un promedio de 10 a 12 pies.

En 1996, Mogollón contribuye con información importante sobre el diseño y estudio de sartas para la perforación de pozos en la zona del Campo Bare; en su “Estudio de las sartas de perforación en el Distrito San Tomé”. Cuyo propósito era estudiar las principales fallas que afectan la sarta de perforación en esta zona, determinó las causas de las mismas proponiendo recomendaciones para seleccionar las sartas de perforación más adecuadas para cada campo.

Para 1991, McGee elaboró una investigación titulada “Tecnología de perforación horizontal en la Faja del Orinoco”; que permitió estudiar los perfiles direccionales de los pozos horizontales de la zona. El propósito de la investigación era determinar las numerosas ventajas que representa la aplicación de esta técnica en el área. Donde se concluyó que la extensión de esta tecnología, hacia la recuperación secundaria, generaría el incremento de la producción y el factor de recobro, convirtiéndose en la forma más idónea de desarrollar la Faja Petrolífera del Orinoco.

Puede concluirse que la investigación del funcionamiento de herramientas y trabajos relacionados a estas en perforación direccional posee actualmente una base científica con antecedentes históricos en la industria petrolera, la cual ha ido evolucionando en la constante necesidad de acercarse al más óptimo de los trabajos. En general, el progreso se ha producido gracias a experiencias empíricas, pero tras la demostración científica basada en estudios experimentales, el uso de las herramientas, específicamente las que conforman el ensamblaje de fondo, han mejorado su predictibilidad y su uso se ha generalizado, con una amplia gama de posibilidades que evolucionan según van surgiendo estudios que avalan las diferentes técnicas, procedimientos e instrumentos cada vez más modernos.

Tales estudios han estado vinculados al desarrollo de la ingeniería. Los aspectos socioeconómicos y las concepciones ideológicas, han influido en sus períodos de inicio y florecimiento. Venezuela, inmersa en sus importantes metas de ingeniería no puede permanecer ajena a las posibilidades que brinda esta tecnología de punta.

## **II.2. BASES TEÓRICAS**

### **II.2.1. Perforación Direccional**

Se puede decir que la perforación direccional controlada se ocupa de la desviación de un hoyo a lo largo de un rumbo planificado, hacia un objeto subterráneo específico localizado a una distancia horizontal dada desde un punto directamente debajo del centro de la mesa rotaria de un equipo de perforación. <sup>[1]</sup>

Otro concepto de perforación direccional, es que es el proceso de dirigir el pozo a lo largo de una trayectoria hacia un objetivo predeterminado, ubicado a una determinada distancia lateral de la localización superficial del equipo de perforación. <sup>[2]</sup>

### **II.2.2. Aplicaciones de la Perforación Direccional <sup>[3]</sup>**

Existen varias justificaciones para que se programen pozos direccionales, los pozos pueden ser planificados previamente o por presentarse problemas en las operaciones que ameriten un cambio de programa en la perforación. Las más comunes se describen a continuación:

#### **(a) Evasión de perforación de domos salinos**

En lugar de perforar a través de la formación salina, el pozo se perfora a un lado del el domo y desviándose alrededor de éste (ver Figura II.1.), tal proceso se realiza debido a las propiedades mecánicas de tales domos, cuya característica principal es su plasticidad, ya una vez perforada la formación salina, ésta se expande reduciendo el diámetro del hoyo ocasionando problemas al momento de la realización de viajes de tuberías. Por otra parte, las sales presentes en los domos pueden afectar de manera significativa las propiedades de los lodos de perforación debido a la interacción iónica de las sales de la formación con el agua usada para la formulación del lodo.



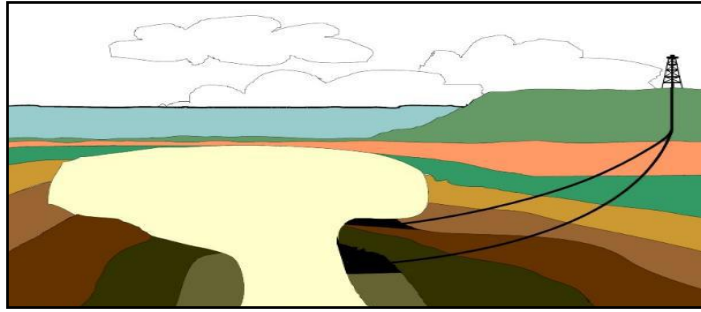


Figura II. 1 Evasión de perforación de domos salinos <sup>[4]</sup>

(b) Construcción de pozos de alivio

Consiste en la construcción de un pozo adyacente a otro donde se suscite un reventón, el pozo de alivio intercepta el fondo del pozo en problemas (Figura II.2.), inyectando cemento que elimina el contacto entre el yacimiento y el pozo, anulando así la producción descontrolada de hidrocarburo ó se inyecta un lodo pesado que supera la presión del yacimiento disminuyendo la producción.

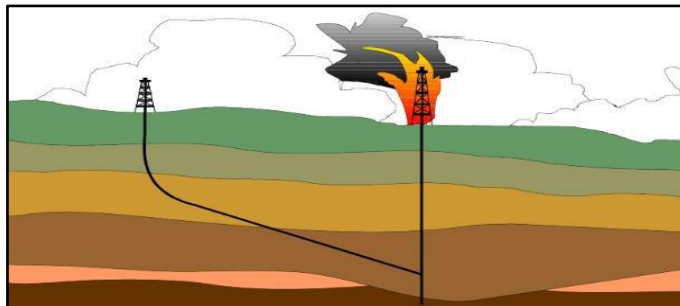


Figura II. 2. Construcción de pozos de alivio <sup>[4]</sup>

(c) Perforación de múltiples pozos direccionales

Desde una plataforma en mar abierto (costa afuera) o desde una misma locación en tierra firme (macollas), es una de las aplicaciones más comunes en la perforación direccional. Muchos yacimientos de petróleo y gas se sitúan más allá del alcance de tierra firme y equipos convencionales. Referente a las actividades costa fuera, perforar pozos verticales desde plataformas individuales resultaría poco práctico y

costoso, el procedimiento convencional para un gran yacimiento petrolífero costa fuera es implantar una plataforma fija en el lecho marino y perforar tantos como sea posible (Figura II.3.). La locación de estos pozos, puede espaciarse cuidadosamente para la recuperación óptima. Este tipo de desarrollo aumenta la viabilidad económica de la cara industria costa afuera reduciendo el número de plataformas y simplificando el sistema de producción. Estos pozos se perforan direccionalmente desde un equipo costero, normalmente es usada una barcaza semisumergible, y vinculado a la plataforma de producción cuando una vez esta sea instalada. Para las perforaciones en tierra firme es igual de viable la construcción de diversos pozos direccionales en una misma locación, ya que reduce el espacio necesario en las adyacencias del taladro, hace posible producir un yacimiento o varios yacimientos próximos abarcando poco espacio en superficie, reduce las instalaciones de superficie de producción de hidrocarburo, entre otras.

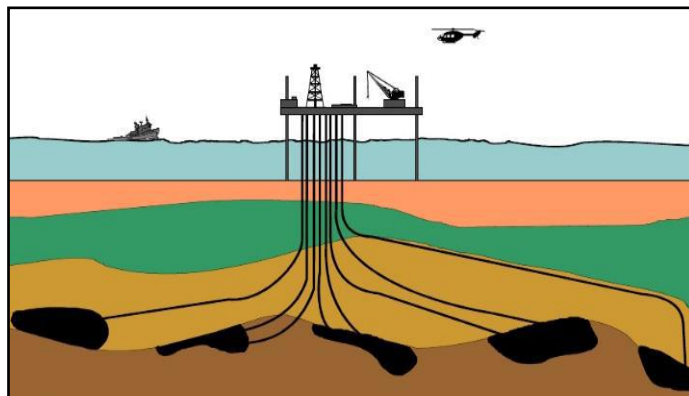


Figura II. 3. Perforación costa afuera de macollas <sup>[4]</sup>

#### (d) Zonas inaccesibles

Se perforan a menudo pozos direccionales cuando en la superficie de manera vertical es inaccesible, debido a obstáculos naturales o artificiales (Figura II.4.). Los ejemplos incluyen los yacimientos que se encuentran por debajo de las ciudades, las montañas, los lagos, etc.

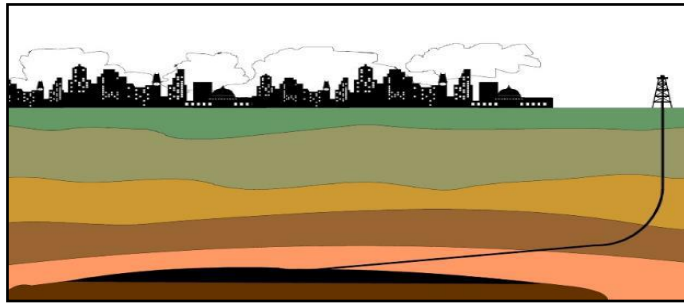


Figura II. 4. Perforación en zonas inaccesibles <sup>[4]</sup>

(e) Evitar la conificación de agua y/o gas

En yacimientos con acuíferos asociados y/o con capas de gas asociadas es altamente productivo perforar de manera direccional, puesto que retrasa y en algunos casos evita el influjo de agua y la producción de gas, minimizando la conificación de agua y gas, para aumentar la vida productiva del yacimiento.

(f) Perforación de múltiples arenas petrolíferas con un mismo pozo

Se perforan los pozos para aumentar el alcance, estos laterales permanecen esencialmente horizontales y se controla para asegurar el máximo radio de drenaje del yacimiento en pro de aumentar significativamente la producción. Ver figura II.5.

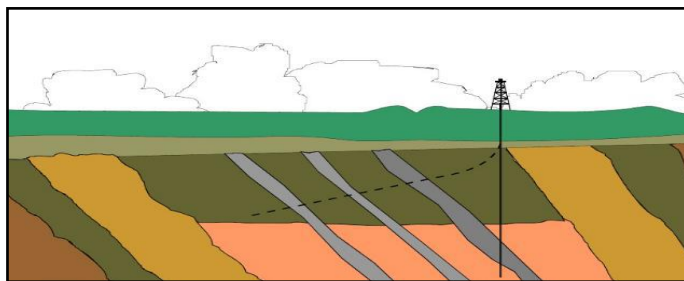


Figura II. 5. Perforación de múltiples arenas a través de un mismo pozo <sup>[4]</sup>

(g) Realización de *sidetrack*

La aplicación inicial de la perforación direccional fue el *sidetrack*. Tal operación consiste en desviar el pozo en dirección paralela, luego de fallar en una operación de pesca. Con experiencia de años, las operaciones de *sidetrack* lograron ser

orientadas, otorgando así diversas aplicaciones en la perforación direccional. Una de aplicaciones es reformular la trayectoria del pozo cuando se consigue una formación geológica que represente un probable altercado en la perforación. (Figura II.6.).

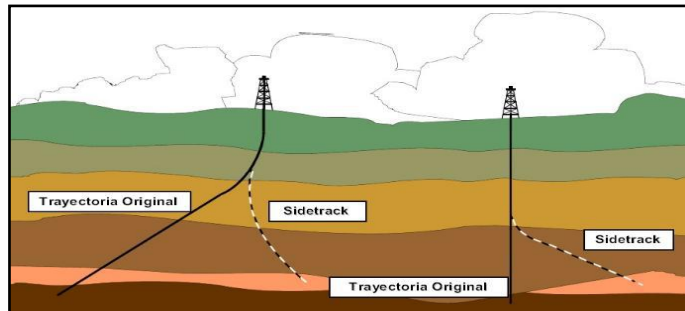


Figura II. 6. Realización de *sidetrack* <sup>[4]</sup>

#### (h) Perforación en Tierra

Los yacimientos situados debajo de los grandes cuerpos de agua que están al alcance de perforación de la tierra están siendo aprovechadas por la localización de los pozos en la tierra y la perforación direccional por debajo del agua (Figura II.7.). Esto ahorra dinero, los equipos de tierra son mucho más baratos.

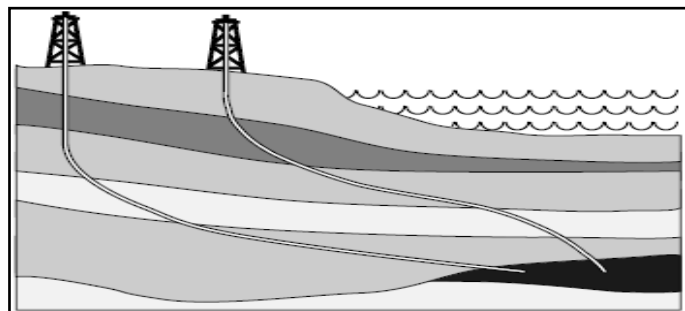


Figura II. 7. Perforación desde tierra <sup>[5]</sup>

#### (i) Perforación horizontal

Los pozos horizontales permiten la penetración máxima del yacimiento, sobre todo en los depósitos delgados, de igual manera alcanza la máxima exposición de la zona de hidrocarburos, logrando una producción más alta (ver Figura II.8.). Las numerosas

aplicaciones específicas por la perforación horizontal están siendo desarrolladas por adelantos que ocurren en las herramientas y técnicas usadas.

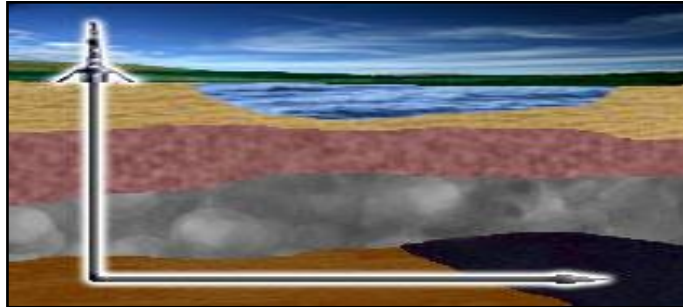


Figura II. 8. Perforación horizontal <sup>[4]</sup>

### II.2.3. Secciones que conforman un pozo direccional <sup>[5]</sup>

(1) Sección Vertical: es la sección del hoyo donde el ángulo de inclinación generalmente es menor de  $5^\circ$  o el pozo es vertical.

(2) Punto de arranque o KOP: es la profundidad del hoyo en el cual se coloca la herramienta de deflexión inicial y se comienza el desvío del mismo.

(3) Sección de incremento de ángulo o construcción: es la sección del hoyo, ubicada después del arranque inicial, donde el ángulo de desvío aumenta.

(4) Sección tangencial, de navegación o de mantenimiento ángulo: es la parte del hoyo, ubicada después de la zona de aumento de ángulo, donde el ángulo de desvío y la dirección se mantienen constantes.

(5) Sección de tumbar o descenso: es la sección del hoyo, ubicada después de la sección tangencial, donde el ángulo de inclinación disminuye. Generalmente, el ángulo de inclinación en esta zona es de  $0^\circ$  o un poco mayor, dependiendo del tipo de perfil del pozo.

Las figuras II.9. y II.10. muestran perfiles de pozos tipo J y tipo S, donde se muestran las secciones.

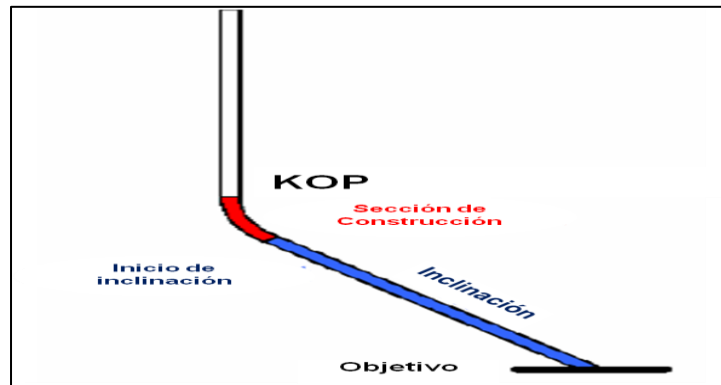


Figura II. 9. Perfil construir y mantener<sup>[6]</sup>

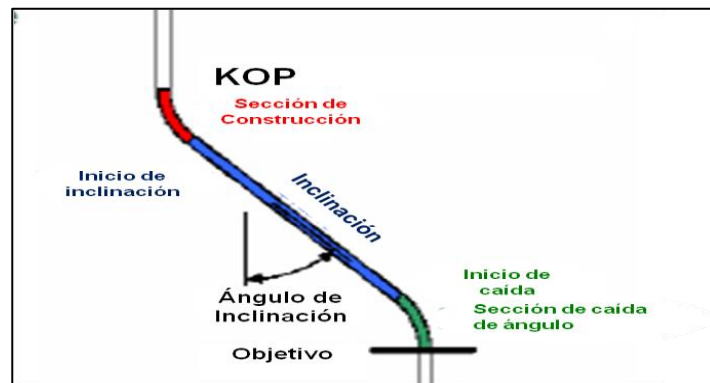


Figura II. 10. Perfil construir-mantener-tumbar<sup>[6]</sup>

#### II.2.4. Perfiles de pozos direccionales<sup>[7]</sup>

##### (a) Tipo *Slant*

Perforación especializada y equipos especiales son usados para estos perfiles. El pozo es perforado desde superficie con una inclinación mayor de cero (0) grados y menor o igual a 45 grados. El perfil es típicamente usado en los pozos poco profundos al intentar alcanzar un objetivo con un desplazamiento horizontal que es del 50% o más del TVD.

En Venezuela, se denomina de esta manera a pozos direccionales que alcanzan inclinaciones que van, por lo general, desde los (40) grados hasta alcanzar inclusive los ochenta (80) grados. Estos pozos son usados por lo general como pozos

estratigráficos, llegando a ser productores si lo amerita el caso. Proporcionan información precisa de topes de las formaciones por lo que generalmente se construyen previamente a las macollas: permiten establecer las direcciones y ángulos adecuados con los que se navega mediante los pozos horizontales las arenas productoras. Esta definición se ajusta con la investigación realizada, como consecuencia, en lo que a este texto respecta, los pozos *slant* quedarán descritos de esta manera.

(b) Tipo “J”

Este es el perfil principal o más común para la mayoría de los pozos direccionales; incluye una sección de construcción de ángulo terminal y una sección que mantiene dicha inclinación para atravesar los objetivos. Una vez que el blanco se ha alcanzado o no existe riesgo de que se pierda este, se rota el resto del agujero dejando así que tome la dirección natural de la formación. La inclinación normalmente es 15 grados o más.

(c) Tipo “S”

El pozo es perforado con una sección de aumento de ángulo, una sección tangencial y una de caída de ángulo a cero grados, en estos pozos se baja revestidor de producción y luego se perfora la sección de caída de ángulo.

(d) Tipo “S” especial

El pozo se perfora con una sección de aumento de ángulo, una sección tangencial intermedia, una sección de caída de ángulo (diferente de cero grados) y una sección de mantenimiento de ángulo al objetivo.

(e) Horizontal

Un perfil que consiste en una sección de construcción a 90 grados más o menos con una sección horizontal a través del mismo depósito o arena productora. Consiste en

una sección de construcción de ángulo a partir del K.O.P. hasta el inicio de la tangente, con inclinación entre 45 y 60 grados, para pasar a una sección de mantenimiento de ángulo por una extensión de 100 pies aproximadamente, seguida de una sección de incremento de ángulo hasta el punto donde se horizontaliza el pozo dentro de la arena objetivo a 90 grados de inclinación para luego mantener ángulo dentro del área de navegación de la arena o sección horizontal.

#### **II.2.5. Sarta de perforación** <sup>[8]</sup>

Es el eslabón que conecta el top drive o la unión giratoria (en el caso de que se use la mesa rotatoria como mecanismo de rotación) con la mecha y el ensamblaje de fondo. Actúa como el eje del motor que hace rotar la mecha y se encarga de:

- (1) Sacar y meter la mecha en el hoyo.
- (2) Aplicar peso sobre la mecha para penetrar en el hoyo.
- (3) Transmitir el torque a la mecha.
- (4) Conducir el fluido de perforación hasta la mecha.

Las sargas de perforación se encuentran constituidas por tuberías de perforación y el ensamblaje de fondo.

#### **II.2.6. Tubería de perforación (*Drill pipe*)** <sup>[9]</sup>

La mayor parte de la sarga de perforación está conformada por la tubería de perforación, su ensamblaje de fondo (BHA, *Bottom Hole Assemblies*) no suele ser más largo que 1000 pies, cada junta de tubería de perforación lleva consigo, el cuerpo de la tubería. Las tuberías de perforación están disponibles en distintos tamaños y pesos, tal como se observa en la tabla II.1., las más comunes que se pueden encontrar son:



Tabla II. 1. Pesos de tuberías de perforación <sup>[15]</sup>

<b>Tubería de perforación</b>	<b>Peso (lb/pie)</b>
3 ½ pulgadas	13,30
4 ½ pulgadas	16,60
5 pulgadas	19,50

Varios tipos de juntas de conexión pueden aumentar el peso nominal de la tubería tal como en las tuberías de 4,5 pulgadas cuyo peso nominal varía de 16,60 lb/pie a 18,60 lb/pie. Sin embargo, estas siguen denominadas como tuberías de 16,60 lb/pie. En la mayoría de los diseños de sartas de perforación el grado de la tubería puede aumentar debido a las cargas axiales que son expuestas, estas consideraciones son necesarias para el diseño de las tuberías de revestimiento.

El grado de la tubería de perforación describe el mínimo esfuerzo cedente de la misma. Luego de que la tubería sufre un esfuerzo tal que supera este valor la tubería se deforma de tal manera que no vuelve a sus dimensiones iniciales, sus propiedades mecánicas se ven afectadas de manera irreversible, el mínimo esfuerzo cedente es de suma importancia debido a que es usado para calcular los valores de colapso, estallido y tensión de la sarta de perforación. Los grados de tuberías más comunes se muestran a continuación en la tabla II.2.

Tabla II. 2. Grados de tubería de perforación <sup>[15]</sup>

<b>Letra designada</b>	<b>Designación alterna</b>	<b>Esfuerzo cedente (lb/pulg<sup>2</sup>)</b>
D	D-55	55.000
E	E-75	75.000
X	X-95	95.000
G	G-105	105.000
S	S-135	135.000

Las tuberías de perforación se encuentran disponibles en ciertos rangos, los cuales se observan la tabla II.3.

Tabla II. 3. Rangos de tuberías de perforación <sup>[15]</sup>

<b>Rango</b>	<b>Longitud (pie)</b>
1	18-22
2	27-30
3	38-40

Así como también se pueden clasificar según su uso ó estado de la tubería:

Tabla II. 4. Tipos de tuberías de perforación según su uso <sup>[15]</sup>

<b>Tipo</b>	<b>Condición</b>
Premium	Nueva o casi nueva
Clase 2	Poco uso
Clase 2	Mayor uso

### **II.2.7. Ensamblaje de fondo (BHA, *Bottom Hole Assemblies*)** <sup>[8] [9]</sup>

Es la sección de la sarta de perforación que agrupa el conjunto de herramientas entre la mecha y la tubería de perforación. El ensamblaje de fondo es conformado por la mecha, estabilizadores, tuberías de perforación extrapesadas y herramientas especiales. Este conjunto de equipos son diseñados con el objetivo de ayudar a mantener la trayectoria, buena calidad del hoyo, aplicar peso sobre la mecha y minimizar las vibraciones así como los atascamientos de tuberías. Ver Figura II.11.

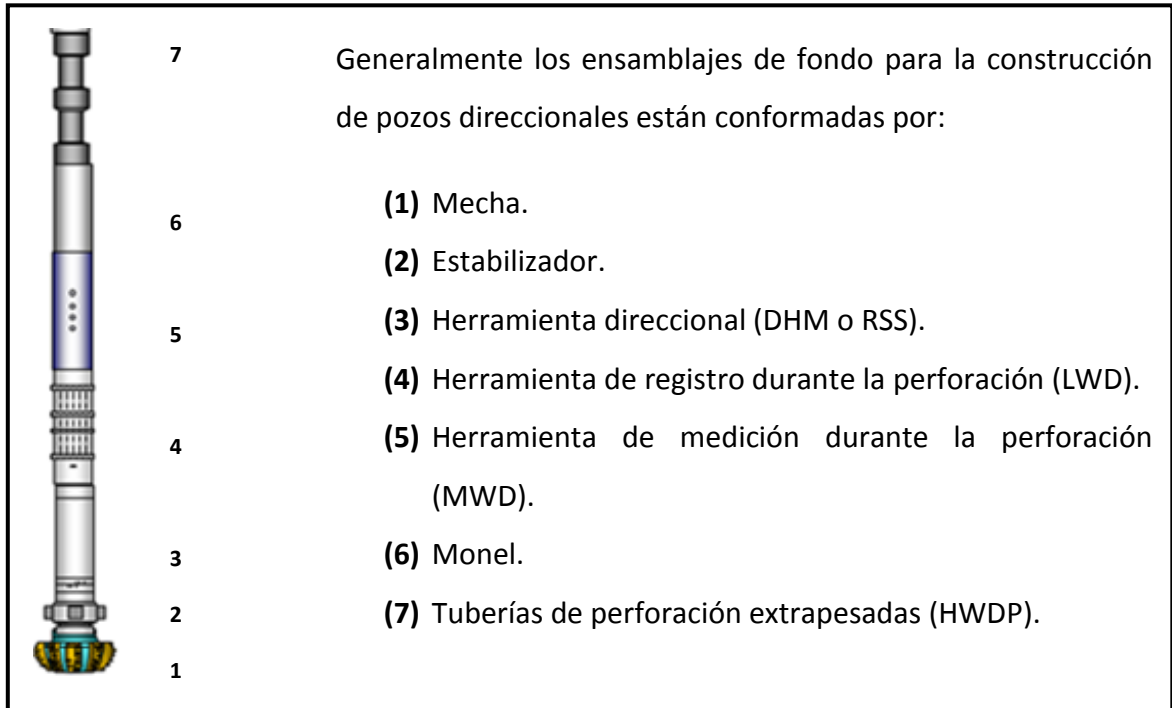


Figura II. 11. Esquemas de la sarta de perforación. <sup>[10]</sup>

En más detalle, el BHA está compuesto por:

#### II.2.7.1. Tubería Extrapesada (*Heavyweight Drillpipe*) <sup>[9]</sup>

También conocida como *Heavy Weight, Heavy Weight Drill Pipe, Hevi Wate*. Constituye generalmente el componente intermedio de la sarta de perforación. Es un tubular de pared gruesa, cuya conexión posee dimensiones semejantes a las de una tubería de perforación, para facilitar su manejo, pero es ligeramente más larga y de mayor espesor. La función más importante de la tubería pesada es servir de zona de transición entre los portamechas y la tubería de perforación, para minimizar los cambios de rigidez entre los ideales para pozos con alto ángulo de inclinación porque son menos rígidas que los portamechas y tienen menor contacto con la pared del hoyo. La tubería extrapesada es una tubería disponible como una tubería de perforación con otros diámetros para con ello, reducir las fallas originadas por la concentración de esfuerzos en la conexión de la tubería de perforación.

La característica que distingue esta tubería es el mayor grosor de sus paredes, este incremento le otorga un peso nominal de hasta 2 o 3 veces mayor que la tubería de perforación convencional. Esta otorga ciertos beneficios tales como:

- (a) Reduce los costos de perforación eliminando inconvenientes posibles en tuberías de perforación presentes al momento de cambiar la configuración de la sarta de perforación, de tuberías de perforación a portamechas (zona de transición), las tuberías extrapesadas se colocan en tal región disminuyendo el riesgo de fallas.
- (b) Mejoras significativas en la perforación de pozos someros disminuyendo el número de portamechas usadas, al incluir tuberías extrapesadas.
- (c) Provee ahorros económicos sustanciales en la perforación direccional reemplazando grandes secciones de portamechas en la sarta, reduciendo el torque en el pozo y aminorando las tendencias de cambio de dirección de la perforación.<sup>[11]</sup>
- (d) Servir de zona de transición entre las barras y la tubería de perforación, para minimizar los cambios de rigidez entre los componentes de la sarta y, con ello, reducir las fallas originadas por la concentración de esfuerzos en la conexión de la tubería de perforación. Las tuberías extrapesadas son ideales para pozos con alto ángulo de inclinación porque son menos rígidas que los portamechas y tienen menor contacto con la pared del hoyo. Minimizan los atascamientos diferenciales.
- (e) La mayoría de las fallas por fatiga que se presentan en las sarts de perforación se dan en las tuberías de perforación que se encuentran cerca de la zona de transición, así como también cuando los esfuerzos cercanos a los límites de resistencia en las zonas curvas de la perforación direccional.
- (f) Referente a las juntas de conexión en las tuberías extrapesadas, son usualmente de mayor diámetro que el diámetro nominal de la tubería extrapesada, lo cual permite un diseño especial para aplicar el uso de un metal fuerte que minimice

daños en la junta de conexión, lo cual aminora los riesgos de fallas en el proceso de perforación.

#### II.2.7.2. Tubería portamechas (*Drill Collar*)

Conocidos como *Drill Collar*. Son tuberías especiales de acero o metal no magnético, pesadas y con paredes de gran espesor, colocadas en el fondo de la sarta de perforación, encima de la mecha. Esto proporciona la rigidez y el peso suficiente para producir la carga axial requerida por la mecha para una penetración más efectiva de la formación.

Los portamechas se diferencian de la tubería de perforación básicamente en la forma, peso y el esfuerzo. Los portamechas no tienen cuellos en sus extremos. El peso depende de tres factores: longitud, diámetro interno y externo. Usualmente tiene longitud de 30 pies, espesores de pared de 3 ½ pulgadas o más y pueden pesar sobre tres toneladas. Existen cuatro tipos básicos de portamechas:

- (1) Normales: de superficie recta y lisa.
- (2) Espirales: de ranuras en espiral hechas en el cuerpo del tubo.
- (3) Muecados: tienen muescas en el extremo del tubo cerca de la caja.
- (4) Cuadrados: se usan como herramientas especiales en el fondo del hoyo, otorgando máximo contacto de pared para la estabilización.

Los portamechas suelen ser el componente predominante en los ensamblajes de fondo (BHA), algunas de sus funciones son:

- (a) Provee peso a la mecha.
- (b) Provee el esfuerzo necesario para perforar en condiciones de compresión.
- (c) Minimiza los problemas de estabilidad de la mecha por vibraciones, balanceos entre otros.
- (d) Minimiza los problemas de control direccional proveniente de la rigidez del BHA.

La apropiada selección de portamechas y BHA puede prevenir varios problemas durante la perforación. Los portamechas están disponibles en varias tallas y formas, el tipo más común de portamechas disponible es de forma cilíndrica con surcos espirales a lo largo de la tubería.

Cuando se usan largos portamechas es importante un diseño apropiado del BHA. La rigidez del ensamblaje puede causar daños por fatiga en las tuberías de perforación debido a las diferencias de rigidez entre los portamechas y las tuberías de perforación. Es recomendable usar portamechas de menor longitud en el tope del BHA o usar tuberías pesadas de perforación en el tope de los portamechas. Los portamechas con surcos espirales reducen el contacto con la formación entre un 40-50% disminuyendo tan solo su peso nominal en un 7-10%, con lo cual se reducen las probabilidades de que ocurran pegas diferenciales con la formación.

#### II.2.7.3. Monel <sup>[14]</sup>

Herramienta que corrige los efectos del campo magnético de la Tierra y el material metálico de la sarta de perforación en la obtención de los datos tanto del MWD y el LWD. Está hecho de una aleación que permite despreocuparse de la interferencia magnética y así la herramienta MWD pueda brindar datos confiables de azimut e inclinación.

#### II.2.7.4. Herramientas de medición durante la perforación (MWD, *Measurement While Drilling*) <sup>[15]</sup>

En el control direccional se tiene disponible un complejo de telemetría pozo abajo, llamada MWD la cual permite obtener la información de valores de inclinación, azimut, posición de la cara de la herramienta y los parámetros de perforación que ayudan a la eficiencia de la misma como son peso sobre la mecha, torque, velocidad de penetración, presión de bomba, velocidad de rotación, entre otros.

#### III.2.7.4.1. Sistema de registro en ambientes hostiles (HEL, *Hostil Environment Logging*)

El sistema HEL es una herramienta MWD que dispone *Weatherford Latin America* S.A. El sistema MWD para hacer perfilajes en ambientes hostiles forma parte de las herramientas de pulso de fluido positivo y está hecho específicamente para las perforaciones actuales realizadas a las altas temperaturas y presiones.<sup>[5]</sup> Permite cuantificar la profundidad de la perforación, además de ubicar la trayectoria de la sarta de perforación y por ende la del pozo en construcción debido a que proporciona los datos de profundidad, inclinación respecto a la vertical y azimut (inclinación respecto al plano horizontal), con los cuales se conforman los *surveys*, importantes datos que registran la secuencia de construcción del pozo y permiten hacer una comparación respecto a la trayectoria planificada. En esta junta también, cuando se requiera su corrida, se ubica el registro BAP (*Bore Annular Pressure*, presión en espacio anular), que permite calcular las presiones en tiempo real en el hoyo anular, y con ello monitorear la limpieza del hoyo y así optimizar una alta ROP (*Rate Of Penetration*, tasa de penetración) sin alterar la estabilidad del revoque.<sup>[14]</sup>

#### II.2.7.5. Herramientas de registro durante la perforación (LWD, *Logging While Drilling*)<sup>[15]</sup>

La herramienta LWD es un sistema que se ubica en el ensamblaje de fondo, permitiendo que la sarta sea configurada para registros específicos y requerimientos de perforación. Consiste en una serie de sensores que registran una variedad de datos, tanto de evaluación de formación como de optimización de la perforación mientras se perfora, reduciendo el tiempo de perforación y el impacto de daño hacia la formación.

#### II.2.7.5.1. Sistema de resistividad con frecuencia múltiple (MFR, *Multiply Frequency Resistivity*)

Es el sistema LWD que dispone *Weatherford Latin America S.A.*, el cual posee sensores de resistividad, porosidad, densidad y de rayos gamma. Esta combinación de sensores puede variar dependiendo de la perforación a realizar.

Permite registrar cada una de las profundidades y obtener datos para cada una de ellas. Resulta ser un servicio primordial que permite obtener data de la litología y fluidos presentes mientras se está perforando, lo cual facilita el estudio de las características geológicas presentes, y facilitará la toma de decisiones, sobre todo lo referente en la fijación de topes y bases de cada una de las formaciones, marcadores y arenas.

Las herramientas MWD y LWD también proporcionan información mecánica sobre la sarta de perforación como lo son Torque, Tasa de Penetración, Peso sobre la Mecha y dirección de la misma, que pueden contribuir a una mejor interpretación de las condiciones de operación, también en tiempo real.

Los equipos MWD y LWD se instalan en portamechas especialmente diseñados para contener el conjunto de sensores y material electrónico. Se ubican lo más cerca posible de la mecha (evitando interferencias) para realizar mediciones más eficientes. Las señales son transmitidas a la superficie a través de pulsos electrónicos que viajan en el fluido de perforación y son decodificados por un equipo receptor instalado en la superficie.

#### II.2.7.6. Motores de fondo (DHM, *Down Hole Motor*)

Es una herramienta de perforación que se encarga de convertir la energía hidráulica del flujo del lodo en energía mecánica, permitiendo así la rotación de la mecha, aumentando de esta forma el rendimiento de la perforación.



La perforación direccional con un motor de fondo se logra en dos modos: rotación y deslizamiento. En el modo de rotación, la totalidad de la sarta de perforación gira, como ocurre en la perforación rotativa convencional y tiende a perforar hacia delante. Y en el modo de deslizamiento para iniciar un cambio en la trayectoria del hoyo, la sección curva del motor (camisa ajustable) se ubica en la dirección en la que se quiere realizar la nueva trayectoria; este modo consiste en que porción de la sarta de perforación que no realiza movimiento rotativo.

Los componentes de un motor de fondo se describen a continuación y se muestran en la Figura II.12.

- (1) Sección de fuerza: Compuesta por un rotor y un estator, este subconjunto opera en una adaptación de la bomba de desplazamiento positivo. Espirales no congruentes en el rotor y el estator crean un sello que atrapa bolsas de fluido del hoyo en cavidades sucesivas del estator. Los rotores se ponen en marcha permitiendo que los fluidos sean bombeados hacia el interior del motor para pasar.
- (2) Camisa ajustable: La camisa ajustable puede ser fijada en varios ángulos de 0 a 3° proporcionando una gran variedad de tasas de construcción para ser usadas en pozos direccionales, horizontales y de reentrada.
- (3) Conjunto de accionamiento: Consiste en un eje de impulsión con una unión de impulsión sellada y lubricada en cada extremidad. Las uniones de impulsión han sido diseñadas para aguantar los altos valores de torque proporcionado por la sección de fuerza.
- (4) Conjunto de rodamientos sellados: Contiene cojinetes radiales y de empuje que transmiten las cargas axiales y radiales de la mecha a la columna de fluido en el hoyo.

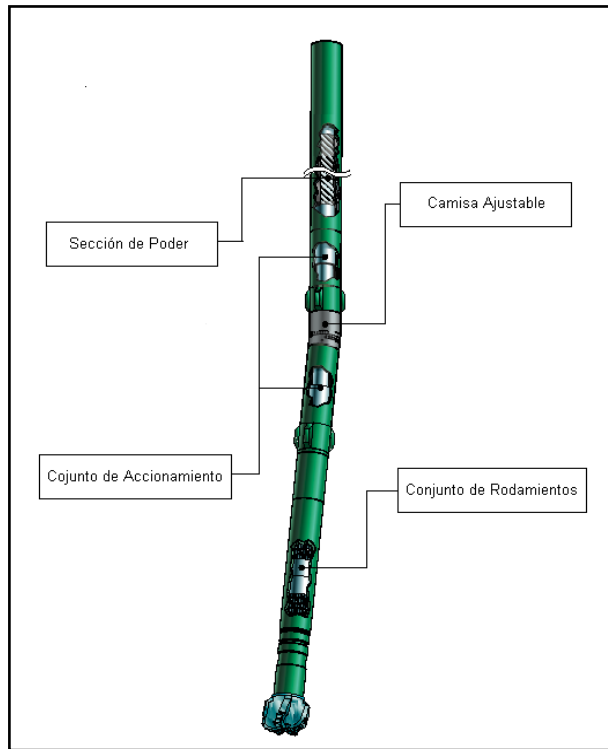


Figura II. 12. Motor de fondo y sus componentes. <sup>[13]</sup>

#### II.2.7.8. Estabilizadores <sup>[15]</sup>

Son herramientas que proveen a las tuberías extrapesadas y a los portamechas la centralización necesaria para que los bordes externos de dichas herramientas no toquen las paredes del pozo durante la rotación, disminuyendo el desgaste, el esfuerzo producido por el movimiento excéntrico y la posibilidad de quedar aprisionado en el fondo del pozo por presión diferencial. Los que están cercanos a la mecha tienen conexiones hembra-hembra, usualmente son mandriladas para aceptar válvulas flotadoras en su interior, y los que se colocan en el resto de la sarta tienen conexiones macho-hembra.

##### II.2.7.8.1. Razones para el uso de estabilizadores <sup>[15]</sup>

- ✓ La colocación de estabilizadores se usa como método fundamental para controlar el comportamiento direccional de la mayoría de los ensamblajes de fondo y evitar problemas como: atascamiento diferencial y ojos de llave.
- ✓ Incrementan la tasa de penetración, soportan los portamechas permitiendo mayor peso sobre la mecha.
- ✓ Previenen cambios bruscos de ángulos del hoyo al aumentar la rigidez del ensamblaje de fondo.
- ✓ Reducir la fatiga en las conexiones de los portamechas al reducir el pandeo de la sarta.
- ✓ Mantener los portamechas centrados en el hoyo minimizando la desviación del mismo obteniéndose hoyos mejor alineados.
- ✓ La posición y calibre de los estabilizadores dirigen la forma en que se direcciona el pozo.
- ✓ Los estabilizadores sirven para controlar el peso sobre la mecha cuando se perfora.
- ✓ Los estabilizadores sirven a la mecha para permitir la desviación del hoyo en cualquier dirección.
- ✓ Minimizan las flexiones y vibraciones de la mecha de modo que evitan dañar los componentes de MWD.
- ✓ Reducen el torque, minimizan el contacto de los cuellos con los lados del hoyo, permitiendo que los cuellos estén centralizados en el hoyo. (CHAPARRO. 2000).

#### II.2.7.8.2. Tipos de estabilizadores <sup>[19]</sup>

##### (a) Estabilizador de aleta soldada

Las aletas o álabes son soldados en el cuerpo mediante un proceso de alta calidad que conlleva un precalentamiento del material y un respectivo postcalentamiento de todos los componentes en el cuerpo para asegurar un estabilizador integral y

minimizar futuras fallas del mismo, este tipo de herramientas no son recomendadas para formaciones altamente consolidadas, son más efectivas en formaciones blandas y en hoyos de gran longitud, permitiendo así el máximo flujo a ser usado, son relativamente económicas, los álabes pueden ser reemplazados cuando ya los primeros están desgastados. Ver Figura II.13.

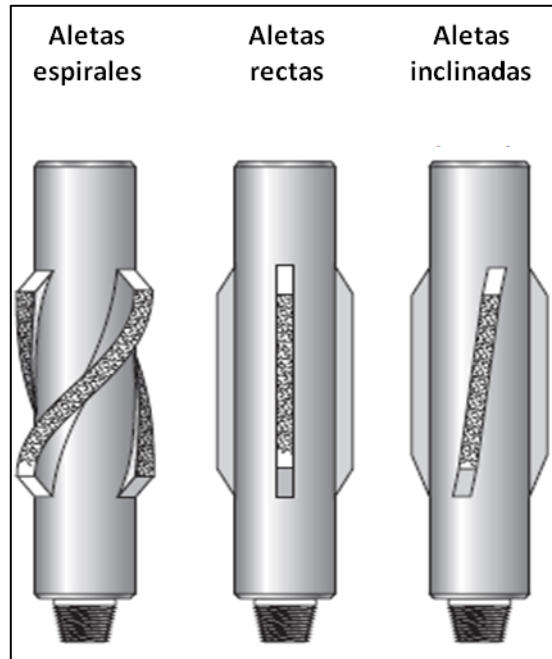


Figura II. 13. Estabilizadores de aletas (álabes) soldados <sup>[19]</sup>

#### (b) Estabilizador de álabes integrados

Denominados comúnmente estabilizadores I.B. (*Integral-Blade*), son elaborados desde una sola pieza de metal cilindrada y maquinada para proveerle sus álabes, como se muestran en la figura II.14., estos suelen ser más costosas que los álabes soldados. Reducen los daños en las paredes del hoyo y proveen una mayor área de contacto en formaciones blandas. Estos estabilizadores pueden tener tres o cuatro álabes, normalmente tienen inserciones de tungstenos, las cuales son recomendables para formaciones abrasivas.

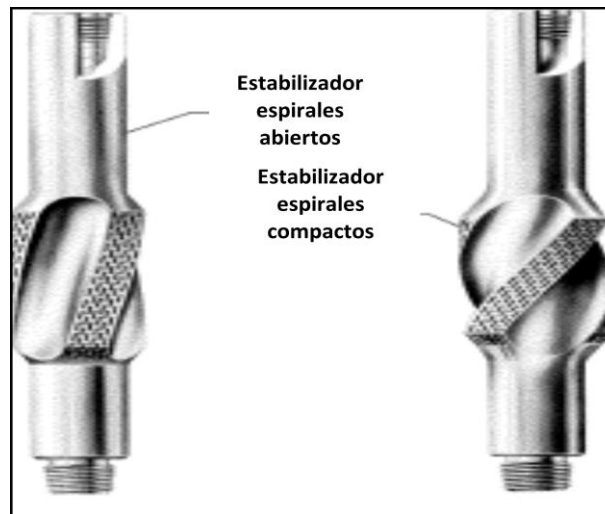


Figura II. 14. Estabilizador de álabes integrados <sup>[19]</sup>

(c) Estabilizadores tipo camisa (Figura II. 15.)

✓ Estabilizador de dos piezas (camisa y mandril)

Las aletas están en el mandril del estabilizador, el cual se enrosca en la parte delgada de la camisa, dejándola fija más no sellada, en pro de cambiar las camisas cuando éstas sufran daños irreparables. Este tipo de estabilizadores es de amplio uso actual.

✓ Estabilizador de tres piezas (camisa, mandril y sustituto)

La camisa es enroscada por dentro del mandril en primera instancia, el sustituto es enroscado por dentro del mandril coincidiendo la parte superior de este objeto el cual es una caja, conexión de tipo hembra, que sirve de junta de enrosque con la parte inferior de la camisa, formando una unión segura, se debe aplicar el correcto torque al momento de unir tales piezas; ya que puede consumir tiempo, este estabilizador no es muy usado actualmente.

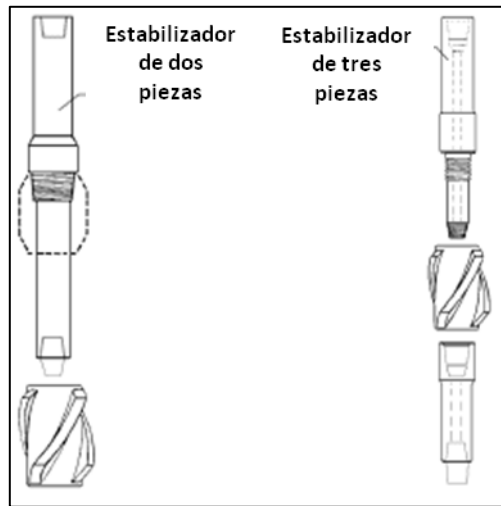


Figura II. 15. Estabilizadores tipo camisa <sup>[19]</sup>

✓ Estabilizadores de grapas

Proporcionan mayor flexibilidad en el diseño del ensamblaje de fondo, pueden ser posicionados en los portamechas no magnéticos, en las herramientas MWD, entre otras, en la figura II.16., se muestra un ejemplo.

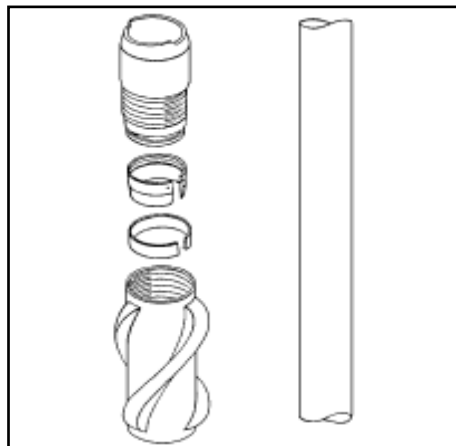


Figura II. 16. Estabilizadores de grapa <sup>[19]</sup>

✓ Estabilizadores de camisa de caucho no rotatoria

Este tipo de estabilizador se utiliza en algún lugar por encima de la parte superior del estabilizador convencional en el BHA, especialmente en formaciones abrasivas.

La camisa de goma no gira durante la perforación. El desgaste de las aletas y los daños de la pared del hoyo por lo tanto se reducen al mínimo. Un camisa elastómero especial puede ser utilizada a temperaturas de hasta a 350 °F. (Ver figura II.17.)

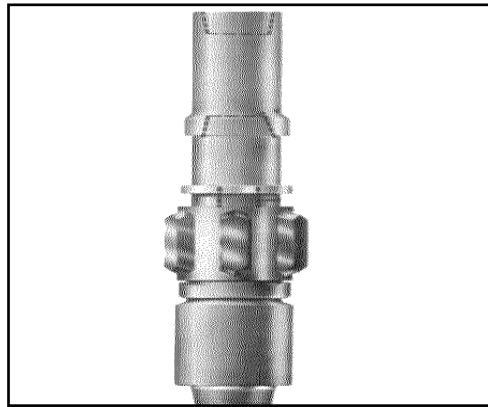


Figura II. 17. Estabilizador de camisa de caucho <sup>[19]</sup>

- ✓ Estabilizadores *Rockyback* e *hydro-string*

Se contrae hidráulicamente al mandril.

- ✓ Estabilizador con protector de desgaste reemplazable

Tiene cuatro hojas largas de 90°. Estos estabilizadores son buenos para el control direccional y/o en formaciones abrasivas, pero puede dar un torque excesivo.

- ✓ Estabilizadores ajustables

Estabilizadores con varias posiciones ajustables a los diferentes diámetros del hoyo hidráulicamente.

### **II.2.8. Efectos causados por el ensamblaje de fondo <sup>[15]</sup>**

El uso de este ensamblaje limita la perforación direccional y es utilizado comúnmente para secciones verticales del agujero dónde la desviación no es un problema. Para entender por qué un ensamblaje de este tipo desviará un agujero, se

considera un ensamblaje más simple. A continuación algunos de los efectos que genera estas herramientas.

La tendencia de desviación, es el resultado de la deflexión que sufren las tuberías cuando se le aplica cierto peso (Figura II. 18.). Aunque estas tuberías parecen ser muy rígidas tienen la ductibilidad suficiente para causar desviación. Cuando el peso se aplica a la mecha, la tubería se flexiona y el punto de apoyo sobre la parte baja del hoyo se moverá más allá de la mecha.

Debido a la deflexión de la tubería, la fuerza resultante aplicada a la formación no está en la dirección del eje vertical del agujero pero está en la dirección de a tubería en flexión. Cuando el peso sobre la mecha (WOB) es aplicado, los movimientos de punto de tangencia hacia la mecha actúan incrementando el ángulo. Como puede verse en la figura II. 18., prontamente un aumento en el peso sobre la mecha lleva a un aumento en la tendencia de desviación.

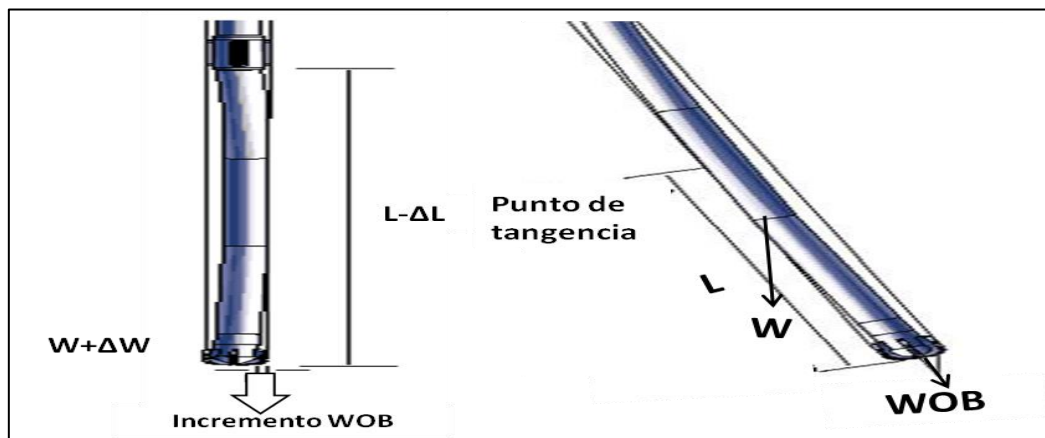


Figura II. 18. Efecto de peso sobre la mecha <sup>[7]</sup>

Bajo condiciones dinámicas, el lado cortante de la mecha y estabilizadores complican el cálculo de la tendencia a la que se desvía. La relación entre la mecha y estabilizador depende del tipo de mecha, tipo de estabilizador, la proporción de penetración, la velocidad rotatoria, la litología, tamaño del hoyo, y tipo de diseño de



sarta. Aún si, cabe la generalización, de que si se colocan estabilizadores a lo largo del conjunto de tuberías, esto evita los movimientos en direcciones desconocidas, con cual se dice que la sarta (o ensamblaje) queda empacada. Ver figura II.19.

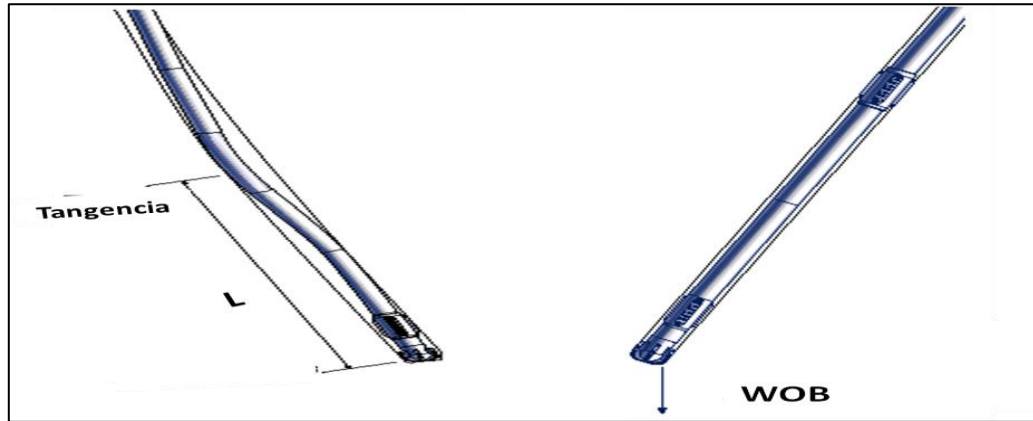


Figura II. 19. Efectos de desvío en ensamblajes de fondo <sup>[7]</sup>

### II.2.9. Principios básicos de Control Direccional y Tipos de ensamblaje de fondo <sup>[7]</sup>

Hay tres tipos básicos de ensamblajes usados para la perforación direccional relacionados directamente a un principio básico de control, estos son:

#### II.2.9.1. Principio del Punto de Apoyo y Ensamblajes de Construcción

También conocido como *Fullcrum* ó fulcro, este ensamblaje de construcción utiliza un estabilizador como punto de apoyo de palanca o como palanca en sí, y coacciona fuerzas laterales sobre la mecha. La magnitud de esa fuerza es función de la distancia del momento aplicado y la mecha perforadora. Un aumento en el peso en la mecha incrementa la flexión del portamechas e incrementará el grado de construcción.

Como se muestra en la figura II.20., el estabilizador cerca de la mecha actúa como pivote aprovechando el efecto de la gravedad sobre el *drill collar* y crea una fuerza lateral resultante hacia la parte alta del pozo creando una tendencia a construir ángulo.

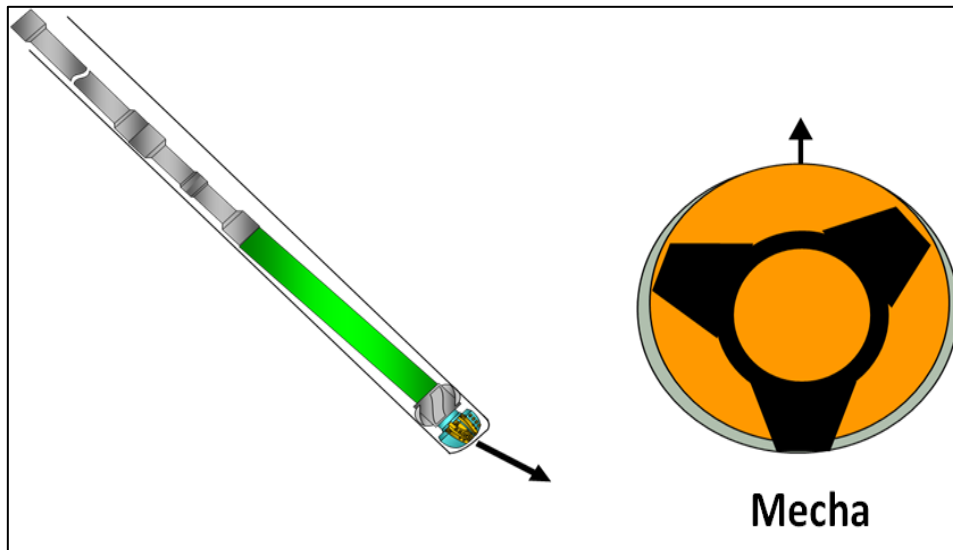


Figura II. 20. Ensamblaje para construir <sup>[7]</sup>

La figura II.21. muestra esquemáticamente las configuraciones de los diferentes ensamblajes para construir ángulo más usados.

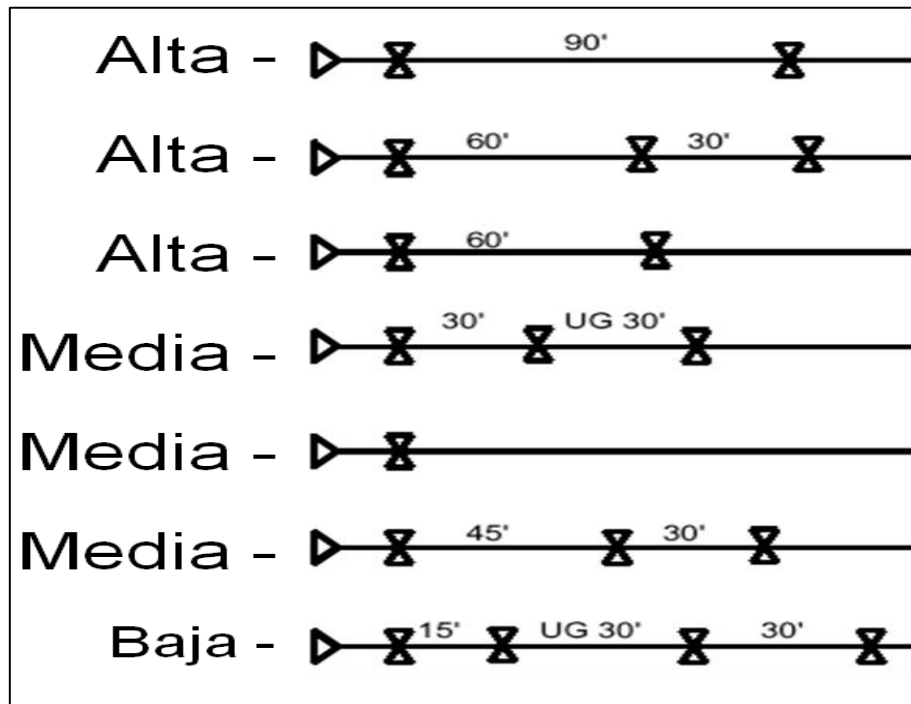


Figura II. 21. Respuesta a construir y Esquemas de ensamblajes de construcción <sup>[7]</sup>

### II.2.9.2. Principio de Péndulo y Ensamblajes de Decremento

El punto de apoyo se ubica más atrás de la mecha, posiblemente después del primer elemento para que el efecto de la gravedad se multiplique en la broca creando una fuerza lateral resultante hacia abajo con la consecuente tendencia a tumbar el ángulo.

El estabilizador que estaba justo encima de la mecha se retira y se adiciona un collar de perforación haciendo el BHA más flexible. Un estabilizador superior, es colocado apropiadamente, alejando al collar de fondo de la cara baja del hoyo. La fuerza gravitacional actuará sobre el collar de fondo y la mecha, provocando que el hoyo pierda o disminuya ángulo. Ver figura II.22.

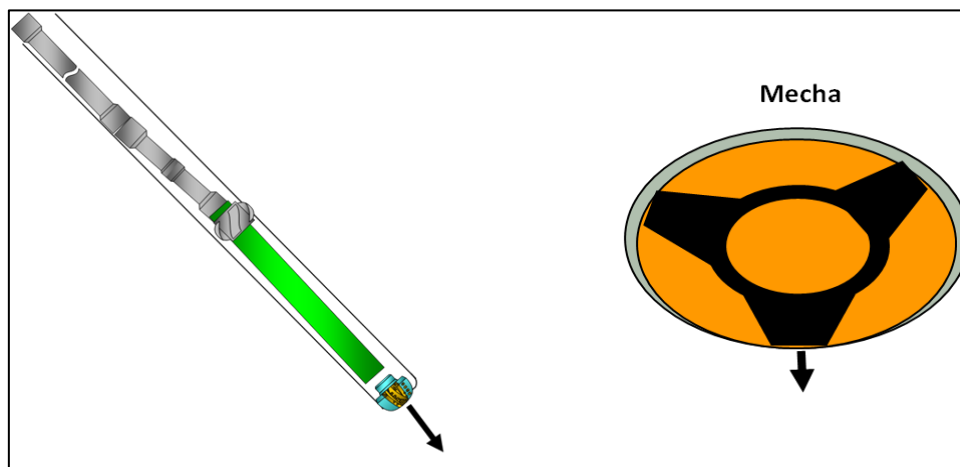


Figura II. 22. Ensamblaje para tumbar <sup>[7]</sup>

También denominado como ensamblaje de péndulo. En este acople, un estabilizador se pone a 30, 45, o 60 pies del momento o palanca (Figura II.23.). El estabilizador produce un efecto del péndulo; de ahí su nombre. El propósito del estabilizador es prevenir que el portamechas se recargue sobre alguna de las paredes y cause un punto de la tangencia en la mecha y estabilizador.

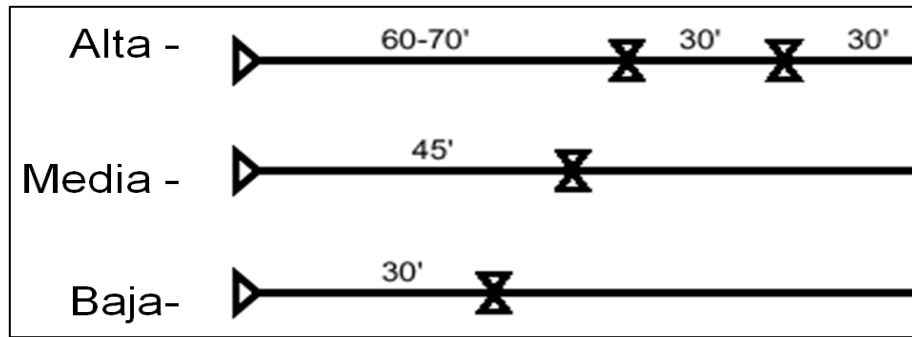


Figura II. 23. Respuesta a tumbar y Esquemas de ensamblajes de decremento <sup>[7]</sup>

### II.2.9.3. Principio de estabilización y Ensamblajes para Mantener

Mantener la inclinación en un hoyo resulta ser más complejo que crear el ángulo de inclinación o disminuirlo, para construir una sección con un ángulo de inclinación constante. La mayoría de las configuraciones de ensamblajes tienen tendencias a construir o tumbar el ángulo de dirección. La intención de los ensamblajes para mantener es conservar la sección horizontal con un ángulo constante.

Se utilizan dos puntos de apoyo uno cerca a la mecha y un estabilizador después del primer tubular. El objetivo es mantener centrada la broca y minimizar la creación de fuerzas laterales, para mantener el hueco vertical o mantener una tangente. Ver figura II.24.

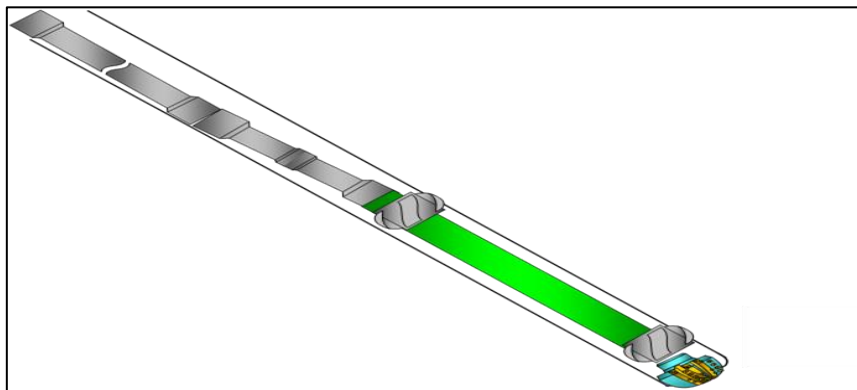


Figura II. 24. Ensamblaje para sostener inclinación <sup>[7]</sup>

A continuación se muestran en la figura II.25. las configuraciones más comunes para las sartas que mantienen una inclinación.

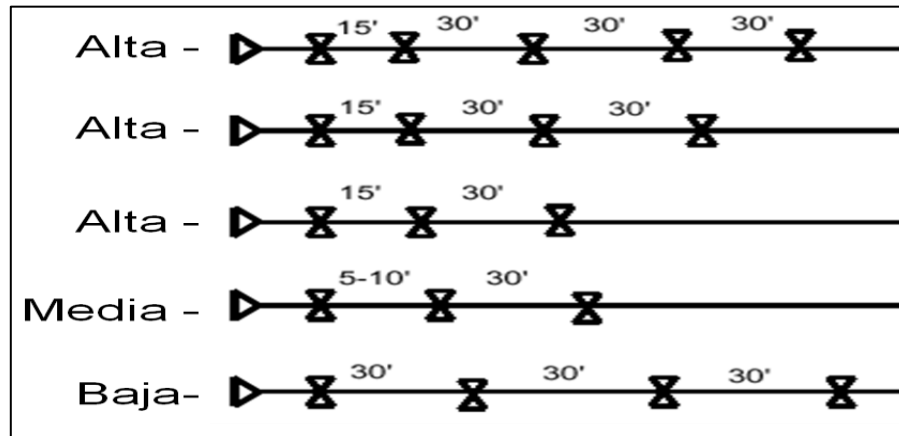


Figura II. 25. Respuesta a mantener y Esquemas de ensamblajes de mantener <sup>[7]</sup>

## II.2.10. Factores que afectan el comportamiento direccional de los ensamblajes de fondo <sup>[20]</sup>

### II.2.10.1. Fuerza laterales y ángulo de inclinación

Las tendencias direccionales son aceptadas para establecer la relación entre la inclinación de la mecha, la fuerza resultante sobre la mecha y el ángulo de contacto entre esta y las fuerzas del hoyo, esto se debe a que la mecha perfora en la dirección paralela al eje axial del hoyo, en la rotación se debe considerar el estabilizador que está cerca de la mecha, el ángulo de inclinación de la mecha y la magnitud de esta fuerza son factores importantes.

### II.2.10.2. De la trayectoria de la mecha.

La trayectoria de la mecha se ve afectada a su vez por:

- (a) Ubicación y tipo de estabilizadores.
- (b) Diámetro y longitud de los portamechas.

(c) Parámetros de perforación, peso sobre la mecha, tasa de flujo, tasa de penetración, velocidad de la rotaria.

(d) Tipo de mecha.

#### II.2.10.3. De la construcción de ángulo

(a) Un incremento entre la distancia desde el estabilizador de la mecha y el primer estabilizador: Es el de mayor importancia al diseñar el ensamblaje, que afecta la tasa de construcción de ángulo. La tasa de construcción de ángulo incrementa al aumentar la longitud de sección de punto de apoyo, esto implica que se doblaría más la sarta lo que incrementaría el efecto de construcción de ángulo, al mismo tiempo las fuerzas laterales serían altas, lo que indica el límite de construcción, mientras que una vez que el estabilizador superior este a más de 120 pies del estabilizador de la mecha (esta fuerza dependería del diámetro del hoyo y diámetro externo de los portamechas), el área de contacto de los portamechas está en la parte lateral baja del hoyo y en algunos casos incrementar la distancia no tendría ningún efecto sobre la tasa de construcción.

(b) El diámetro de los portamechas: La rigidez de los portamechas es proporcional a la cuarta potencia de los diámetros, bien una pequeña reducción del diámetro de los portamechas usados en la sección de incremento de ángulo aumenta considerablemente la flexibilidad de la herramienta y de aquí la alta construcción. Usualmente el diámetro de los portamechas son dados por el tamaño del hoyo.

(c) Peso sobre la mecha: Incrementando el peso sobre la mecha se doblarían los portamechas ubicados más atrás de los estabilizadores cerca de la mecha, por lo tanto incrementaría la construcción de ángulo.

(d) Velocidad de la rotaria: La alta velocidad de la rotaria para vigilar el comportamiento de los portamechas, debido a que estos se enderezan y producen

una reducción de la construcción de ángulo, por tal razón las velocidades de 70 a 100 RPM son generalmente usadas con los ensamblajes de construcción de ángulo.

(e) Tasa de flujo: En formaciones blandas, la alta tasa de flujo, pueden causar un lavamiento de la formación y por lo tanto reducir la construcción de ángulo.

#### II.2.10.4. Efecto del cambio de diámetro externo de los portamechas

Con ensamblajes de construcción de ángulo, es recomendado reducir el diámetro externo de los portamechas, debido a que incrementa la tendencia a la construcción de ángulo por lo que los portamechas serían más flexibles y se curvarían más, otro factor aquí beneficioso es que el diámetro externo de los portamechas es el contacto con las paredes del hoyo, un beneficio importante es que los mismos se pueden doblar antes de que entren en contacto con el lado bajo del hoyo, más allá del aumento del peso sobre la mecha, tendrá solo un efecto marginal sobre la tasa de construcción. Con ensamblajes empacados, el diámetro exterior de los portamechas da una pequeña tendencia a la construcción de ángulo porque los portamechas no pueden doblarse más.

Con ensamblajes de péndulo, es mejor que la porción del péndulo sea lo más rígida posible reduciendo el diámetro externo (OD) de los portamechas e incrementando la probabilidad de que los mismos no puedan doblarse hacia el lado bajo del hoyo lo cual reduciría el efecto de péndulo y la tasa de caída de ángulo deseada, también, reducir el diámetro externo de los portamechas reduce el peso de los mismos lo cual reduce la fuerza y la tasa de caída de ángulo. (Compañía Baker Hughes)

#### II.2.10.5. Efecto del tipo de mecha en el comportamiento del ensamblaje de fondo

##### (a) Mechas PDC

Los ensamblajes de fondo casi constantemente se mantienen y se ha demostrado que el control del ángulo se ve afectado por el uso de mechas PDC causando un significativo efecto sobre la tasa de construcción de ángulo. Una mecha PDC de

tamaño corto puede resultar en una tendencia en la construcción de ángulo más de la que se había esperado.

El bajo peso sobre la mecha usualmente aplicados en mechas PDC pueden reducir la tasa de construcción de ángulo, la flexibilidad de los portamechas al disminuir el peso sobre la mecha, cuando se usan ensamblajes empacados y mecha PDC contribuye a la perforación de sección tangencial, manteniendo la inclinación y dirección debido a la estabilización aumentada del ensamblaje.

Cuando se usa ensamblaje de caída de ángulo previamente obtenido con una mecha tricónica, generalmente la longitud de la mecha PDC influye sobre la tendencia a la caída de ángulo porque la medida de la mecha es similar a la medida de estabilizador que está cerca de ella, en fin la longitud de las mechas PDC afectan el ensamblaje de péndulo, el bajo peso sobre la mecha y alta RPM son características típicas aplicadas en este tipo de mecha para permitir la caída de ángulo. Ejemplos de mechas PDC y tricónicas se observan en la figura II.31.

✓ Inicialmente se usa bajo peso sobre la mecha hasta la tendencia de caída de ángulo, entonces se incrementa el peso sobre la mecha hasta una tasa de penetración aceptable.

✓ Se recomienda usar alta velocidad rotaria, dependiendo del tipo de mecha, si es posible no planear secciones de caída de ángulo en formaciones duras.

#### (b) Mechas tricónicas

Cuando se perforan formaciones con mechas tricónicas, el efecto de la mecha en los ensamblajes de construcción y mantenimiento de ángulo, está determinado por la configuración de los estabilizadores y de los portamechas y por las variaciones de los parámetros de perforación.

Sin embargo el tipo de mecha tiene un efecto satisfactorio sobre la tasa de avance, y las mechas convencionales causan un avance hacia la derecha en perforación



rotatoria normal. Perforar formaciones suaves con mechas de dientes largos permite avanzar de manera correcta a diferencia de cuando se perfora una formación dura con mechas de dientes cortos principalmente la acción de acanalar o raspar de las mechas cuando perforan formaciones suaves y también mechas de dientes largos en formaciones blandas.

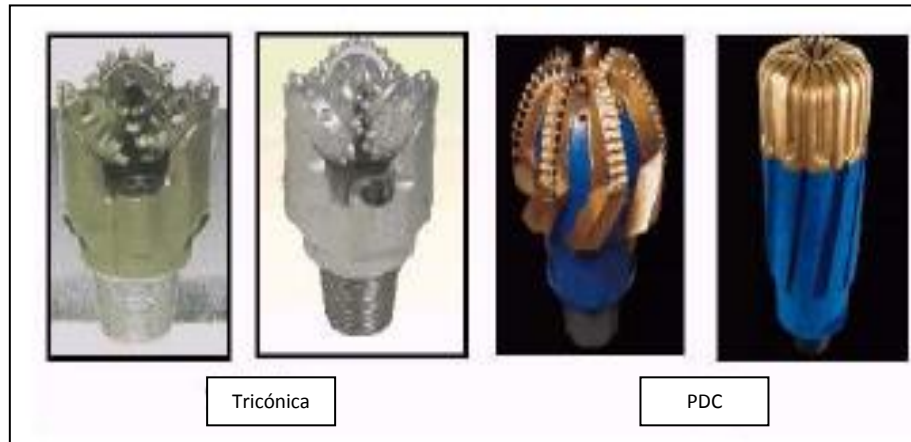


Figura II. 26. Tipos de mechas de perforación <sup>[12]</sup>

#### II.2.10.6. Efecto de la formación sobre la trayectoria de la mecha

En algunos casos, la naturaleza de la roca perforada puede producir efectos de tendencias direccionales, aunque en muchos casos, los efectos de la formación se exageran, la importancia depende de las características anisótropicas o isotrópicas.

Una roca isotrópica tiene las mismas propiedades o se comporta de la misma manera no importa la dirección de la tasa de ángulo, por ejemplo las areniscas son isotrópicas, recíprocamente las arcillas tienen un comportamiento anisotrópico es decir sus propiedades varían en todas sus direcciones. La experiencia del campo perforando formaciones contra el buzamiento, en cierto modo ha mostrado en muchos casos de perforación preferencial hacia la dirección del ángulo de buzamiento.

Cuando la mecha perfora estas formaciones anisótropas se obtiene gran cantidad de recortes; de un lado de la mecha recortes grandes mientras que del otro más pequeño.

#### **II.2.11. Diseño mecánico de los ensamblajes de fondo** <sup>[20]</sup>

La utilización de programas por computadora propone una solución simple y extremadamente rápida. Un arreglo de tres estabilizadores en el ensamblaje de fondo, ha sido propuesto por simuladores los cuales aportan soluciones completamente fiables para predecir las tendencias a caída y construcción de ángulo, cuando no se conocen los efectos de la formación.

Suposiciones para un análisis estructural del ensamblaje de fondo:

- (a) Los componentes del ensamblaje de fondo son cuerpos elásticos.
- (b) La mecha está centrada en el hoyo, y no existe momento entre la mecha y la formación y cara de la mecha.
- (c) Los componentes del ensamblaje de fondo son geométricos y las propiedades del material se mantienen constantes y sobre un elemento finito.
- (d) El desplazamiento del eje axial del hoyo es relativamente pequeño, para la longitud de los elementos, no son considerados los efectos de deformación.
- (e) La pared del hoyo es rígida y paralela al eje del hoyo perforado.
- (f) El hoyo perforado está frente a la sección circular.

#### **II.2.12. Selección del tipo de estabilizador** <sup>[20]</sup>

Las consideraciones geológicas son muy importantes para la selección correcta de estabilizadores para el pozo, donde los requerimientos económicos son frecuentemente influenciados en la selección de un estabilizador sobre otro, para

que el ensamblaje de fondo se comporte como lo previsto. Como ejemplo los estabilizadores de aletas mantienen mucho la medida de desviación mientras se perfora el hoyo. La geología es un factor importante en la selección del estabilizador para una larga vida de uso. En formaciones muy duras y abrasivas son utilizados los estabilizadores tipo *string* (de álabes integrados), así como la selección del material para las aletas en función de la dureza de la formación.

- ✓ Camisa reemplazable: donde existe problemas de longitud y económicos.
- ✓ Aleta soldada: Largo tamaño de hoyo, topes de sección en la dirección del pozo, punto de comienzo de construcción (KOP).
- ✓ Aleta Integral: Máxima durabilidad para aplicaciones en formaciones duras.
- ✓ No rotativo: Formación muy dura y abrasiva.
- ✓ Rodillo escariador: Formación dura.

### **II.3. OPERATIVIDAD DEL ESTABILIZADOR DE CALIBRE AJUSTABLE *STABLELINE™* AGS**

[21]

#### **II.3.1. Estabilizador de Calibre Ajustable *StableLine™* AGS**

El estabilizador de calibre ajustable *StableLine™* AGS comercializado por *Weatherford* posee un conjunto de pistones que permiten ajustar su posición de trabajo en forma remota durante la perforación de pozos petroleros. El AGS es una herramienta que funciona hidráulicamente; la presión diferencial a través de la herramienta se utiliza para expandir o contraer pistones con movimiento radial. Un mecanismo de secuencia repetible controla la ubicación deseada de los pistones; asimismo usa un sistema de rampa en el cual se desplazan seis pistones largos que cubren un área de contacto entre el estabilizador y la formación a perforar. El AGS permite cambiar el tipo de ensamblaje de fondo, el cual puede pasar de una sarta de construcción o tumbar a una empacada, y viceversa. Ver figura II.27.



Figura II. 27. *StableLine™* AGS <sup>[21]</sup>

### II.3.2. Aplicaciones

- ✓ Rotación para las secciones tangencial y horizontal.
- ✓ Rotación cerca de la mecha para los perfiles tangenciales y tipo S.
- ✓ Rotación cerca de la mecha para respuestas agresivas horizontales.

### II.3.3. Características, Ventajas y Beneficios

- ✓ La herramienta *StableLine™* AGS utiliza la presión diferencial hidráulica para activar, lo que elimina cualquier conflicto de peso sobre la broca (WOB) al operar la herramienta.
- ✓ Los modos de la herramienta (abierta y cerrada) se controlan en la superficie por medio de bombas de lodo.
- ✓ El modo de la herramienta se identifica por una diferencia en la presión del tubo vertical.
- ✓ La herramienta *StableLine™* AGS es modular y puede ser independiente colocado en la posición óptima en la columna de perforación.
- ✓ Los pistones ovales del estabilizador proporcionan un apoyo más uniforme dentro del pozo. Cuanto más grande son los pistones, más se reduce el riesgo de atascamiento durante el funcionamiento.
- ✓ El diseño de la herramienta de *StableLine™* AGS proporciona el control de inclinación en los pozos de alcance extendido.
- ✓ La simplicidad de esta herramienta *StableLine™* AGS hace que sea fiable en todos los ambientes.

### II.3.4. Ciclo del estabilizador de calibre ajustable

El *StableLine*<sup>TM</sup> AGS se puede ajustar de forma remota en perforación de pozos de petróleo por simple conexión y desconexión de flujo. Durante la circulación, la presión diferencial en toda la herramienta se utiliza para expandir o contraer los pistones con movimiento radial, tal como se puede notar en la figura II.28. La herramienta realiza ciclos mediante el paso y corte del flujo, y un mecanismo de leva dentro de la herramienta avanza para controlar las diferentes posiciones de los pistones.

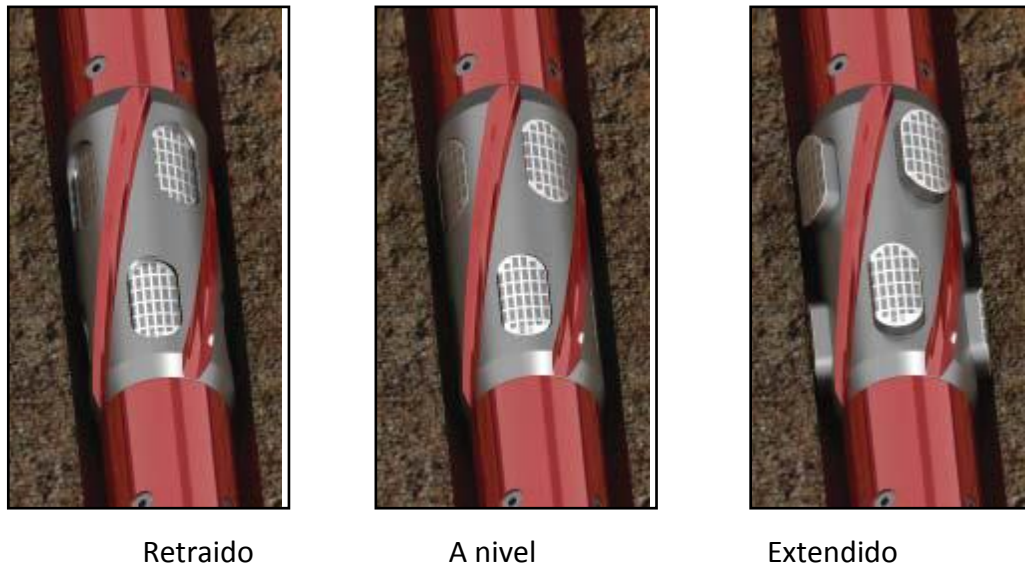


Figura II. 28. Posiciones de las hojas del *StableLine*<sup>TM</sup> AGS <sup>[21]</sup>

El mecanismo de leva realiza ciclos entre tres posiciones diferentes siguiendo un patrón repetido. Cuando las bombas se encuentran apagadas, los pistones del estabilizador de calibre ajustable están en posición neutra, justo por debajo de la superficie exterior de las hojas del estabilizador. De acuerdo la tabla II. 5., según la posición en la que se encuentre el sistema de leva interior, cuando las bombas estén encendidas, los pistones se nivelarán con la superficie externa de las hojas del estabilizador, o se extenderán más allá de las hojas del estabilizador, lo cual aumentará su diámetro. La fase en la que opere la herramienta (neutra, abierta, cerrada) cambiará la velocidad de construcción del montaje de fondo de pozo. Se

puede determinar la fase en la que opera el estabilizador de calibre ajustable mediante la lectura de la presión de las tuberías verticales.

Si hubiera un aumento de presión de entre 200 psi y 250 psi cuando las bombas están encendidas, los pistones se encontrarán totalmente extendidos. Este aumento en la presión está directamente relacionado con la configuración del obturador de orificio instalado en la parte inferior de la herramienta antes de comenzar a operar. La tabla incluida a continuación resume este ciclo.

Tabla II. 5 Tabla de fases del estabilizador de calibre ajustable <sup>[21]</sup>

FASE	POSICIÓN	POSICIÓN PISTÓN	ESTADO DE BOMBA	CAÍDA DE PRESIÓN
1	Neutra	Retraído	Apagada	Ninguna
2	Cerrada	A nivel	Encendida	Baja
3	Neutra	Retraído	Apagada	Ninguna
4	Abierta	Extendido	Encendida	Alta
1	Neutra	Retraído	Apagada	Ninguna
2	Cerrada	Repeticiones, igual que lo anterior		

El aumento de presión mientras se usa *StableLine™* AGS está directamente relacionado con la configuración del orificio del obturador instalada. Cuando el flujo de lodo se activa, ejerce fuerza sobre el cuerpo interno del estabilizador, con lo cual este se mueve para ubicar una posición determinada según se lo permita el mecanismo de leva. Lleva a los pistones a las posiciones: abierta ó cerrada. Cuando se encuentran completamente extendidos los pistones (AGS abierto), el estabilizador trabaja según se muestra en la figura II. 29. (A), la fuerza del lodo presiona el resorte hasta que el mecanismo de leva se ubica en la posición correspondiente, permitiendo que el cuerpo interno del estabilizador se encuentre en contacto con el obturador por lo cual disminuye el área de flujo, de allí que se observe un aumento en el diferencial de presión en los tubulares. Si las bombas se apagan, el resorte ubicado en el cuerpo interno vuelve a estirarse dado que no hay fuerza que le impida volver a su posición de equilibrio. El resorte no se encuentra

comprimido y como consecuencia el cuerpo interno se desliza hacia atrás, de modo que los pistones se encuentran completamente retraídos: el AGS está en posición neutra, como se ve en II. 29. (C). Si las bombas se vuelven a encender, la fuerza que ejerce el lodo sobre el resorte, hace que este se comprima según el mecanismo de leva lo admita, este hecho provoca que el AGS este en posición cerrada, figura II. 29. (B). El mecanismo de leva está ajustado de forma que el movimiento del cuerpo interno del estabilizador se detenga justo cuando los pistones están a nivel del cuerpo del estabilizador.

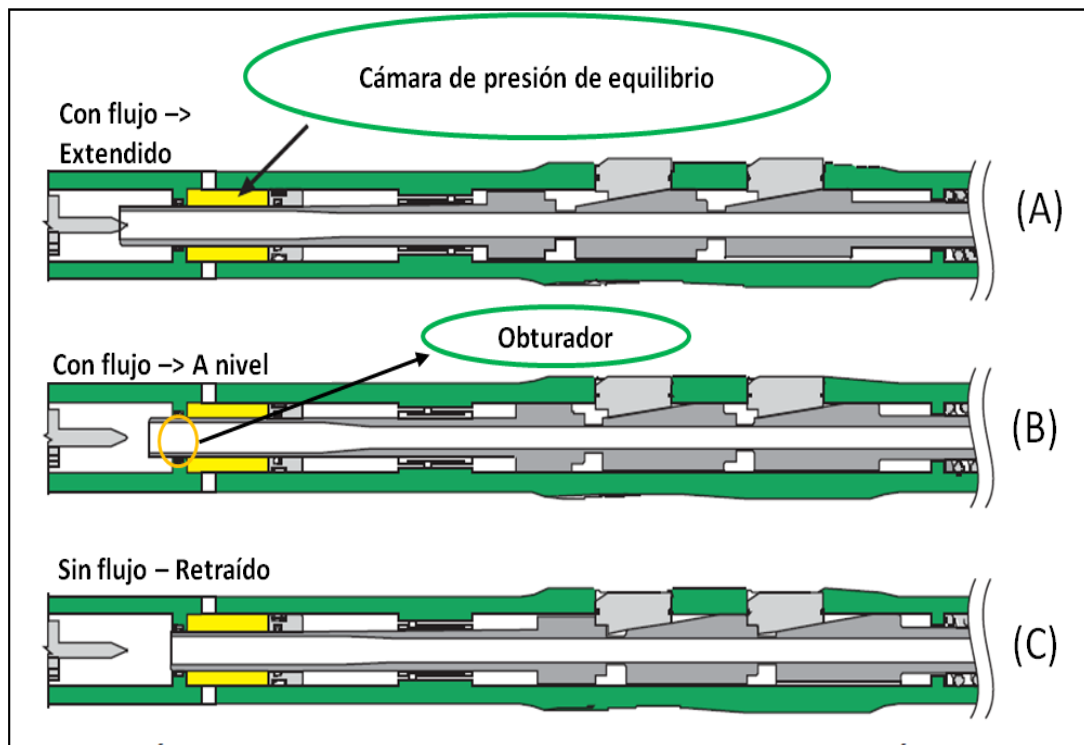


Figura II. 29. Posición de pistón en AGS <sup>[21]</sup>

### II.3.5. Selección de obturador de carburo

Antes de que se pueda poner en funcionamiento el estabilizador de calibre ajustable, se debe instalar el obturador de carburo en la parte inferior de la herramienta para crear la caída de intensidad de señal deseada. Este tamaño de obturador se basa en la velocidad de flujo y densidad de lodo que se bombeará a

través de la herramienta. Se deben utilizar los gráficos de tamaños de obturadores de estabilizador de calibre ajustable (Figuras A.1, A.2 y A.3) y las instrucciones incluidas en el apéndice A.1 para seleccionar el tamaño de obturador apropiado. Por último se debe instalar el obturador en la parte inferior del estabilizador, tal como se explica en el procedimiento de reemplazo de obturador del estabilizador de calibre ajustable expuesto en el Apéndice B.

### **II.3.6. Prueba de superficie del *StableLine™* AGS**

(1) Inspeccionar visualmente el estabilizador de calibre ajustable para asegurar que no haya pérdidas de aceite, y que la cámara de compensación de presión en el interior de la herramienta no presente obstrucciones. Verificar la superficie dura del cuerpo y los pistones del estabilizador para comprobar que estén en buen estado. Medir el diámetro de calibre del cuerpo del estabilizador y registrar la medición.

(2) Verificar que los pistones estén en posición neutra (Por debajo de la superficie de las hojas del estabilizador).

(3) Conectar el estabilizador de calibre ajustable al ensamblaje de fondo de pozo y asegurar que se aplique el torque apropiado según las herramientas que estén por debajo de él.

(4) Si se está utilizando un motor de perforación, verificar que todos los componentes rotativos del ensamblaje de fondo de pozo por debajo del estabilizador de calibre ajustable estén por debajo de las válvulas impide reventones y lejos de todo soporte, cuando se produzca la rotación durante la circulación.

(5) Conectar la manguera rotativa a la parte superior del estabilizador de calibre ajustable.



(6) Hacer circular a través del estabilizador de calibre ajustable a la velocidad de flujo requerida en el fondo del pozo. Si es necesario, cambiar temporalmente las boquillas de la mecha para obtener la presión diferencial de activación requerida.

(7) Cuando se haya alcanzado la presión diferencial, comprobar que los pistones hayan pasado de posición neutra a posición cerrada o abierta. (Ver Tabla II.1. - Tabla de fases del estabilizador de calibre ajustable).

(8) Registrar la presión de bomba y la posición de los pistones.

(9) Apagar las bombas y liberar toda la presión. Verificar que los pistones hayan regresado a posición neutra.

(10) Esperar 30 segundos y volver a encender las bombas.

(11) Comprobar que los pistones hayan realizado el ciclo hasta la fase siguiente y registrar la presión de la bomba y la posición de los pistones. La diferencia de presión entre la posición abierta y cerrada debe estar entre 200 psi y 250 psi. Documentar esta diferencia de presión.

(12) Si la presión diferencial es menor que la esperada, y si se determina que este cambio de presión no será lo suficientemente elevado como para ser detectado en el fondo del pozo, desconectar el estabilizador de calibre ajustable y reemplazar el obturador inferior con otro de mayor tamaño.

(13) Cuando los pistones están extendidos, medir el diámetro de calibre los pistones del estabilizador para asegurar que no estén muy desgastados, y registrar el valor medido.

(14) Repetir el procedimiento anterior con cualquier nuevo obturador.

### **II.3.7. Funcionamiento**

(1) Descender al fondo del pozo con el montaje según la operación normal de perforación.

(2) Hacer circular a través del ensamblaje de fondo de pozo a la velocidad de flujo que debe utilizarse al momento de perforar sin peso sobre la mecha. Notar la presión de la bomba una vez que se estabilice.

(3) Cortar el flujo y liberar toda la presión durante un minuto. Esto restaurará el estabilizador de calibre ajustable.

(4) Volver a dar paso al flujo a la misma velocidad (nuevamente, notar la presión de la bomba). El valor debería haber cambiado la misma cantidad que se obtuvo con la prueba de superficie arriba indicada.

✓ Si la presión de la bomba aumentó respecto del valor anterior, el estabilizador de calibre ajustable se encuentra en la posición abierta (extendido).

✓ Si la presión de la bomba se redujo respecto del valor anterior, el estabilizador de calibre ajustable se encuentra en la posición cerrada (a nivel).

(5) Si el estabilizador está en la posición deseada, se puede proceder con la perforación. Si requiere otra posición, el flujo se puede cortar y volver a activar (luego de haber esperado un minuto) para moverlo a la posición siguiente.

(6) Monitorear la presión de bomba permite al encargado de la perforación determinar el modo en que se encuentra el estabilizador de calibre ajustable (extendido o a nivel). Cada vez que se detiene la circulación, incluso cuando se agregan juntas de tubos, la herramienta se restaurará en la posición siguiente.

**IMPORTANTE:** Si se pierde la cuenta de la posición en la que se encuentra el estabilizador, sólo se debe repetir la prueba lejos del fondo y determinar en qué ciclo está la herramienta.

(7) Ejecutar el estabilizador de calibre ajustable tanto como sea posible en la posición nivelada para extender la vida útil de la superficie dura del cuerpo y los pistones. Sólo debe activarse en la posición extendida cuando sea necesario.

### **II.3.8. Post-funcionamiento**

**IMPORTANTE:** Se debe seguir el procedimiento descrito a continuación para reducir el riesgo de gastos en concepto de repuestos costosos.

(1) Una vez finalizada la perforación y mientras se retira el ensamblaje de fondo, se debe realizar una inspección de superficie del estabilizador de calibre ajustable cuando la herramienta atraviese la mesa rotaria. Se pueden realizar los mismos procedimientos para evaluar el ciclo de la herramienta antes de descender con la tubería al fondo del pozo para verificar la funcionalidad. Se debe medir el diámetro del estabilizador tanto en la posición extendida como a nivel y registrar las mediciones. Cuando los pistones están en la posición extendida, lavarlos por alrededor con agua para quitar restos de lodo y sólidos.

(2) Utilizar agua dulce para lavar la cámara de compensación de presión del estabilizador de calibre ajustable para minimizar el riesgo de que se acumulen sólidos dentro de la herramienta cuando se encuentre en el fondo. Lavar la herramienta por fuera y por dentro. Aceitar o lubricar las cabezas de pistón para evitar que el lodo se seque alrededor de las perforaciones.

**IMPORTANTE:** Es esencial que se elimine todo el lodo de alrededor de las áreas especificadas de la herramienta. Todo resto de lodo y sólidos que quede en la herramienta podría causar un daño permanente a la superficie de sellado.

(3) Apoyar la herramienta.

IMPORTANTE: No dejar la herramienta sin utilizar o enviar a mantenimiento por períodos prolongados de tiempo. En caso contrario, los contaminantes del lodo que hayan quedado en la herramienta podrían dañar el cuerpo de manera irreparable.

En el desmontaje del *StableLine*<sup>TM</sup> AGS se llevan a cabo una serie de pasos enumerados específicamente para que este proceso se ejecute de la manera correcta. Se ha establecido un formato de desmontaje y montaje, un Informe de Servicio de Estabilizador de Calibre Ajustable (*StableLine*<sup>TM</sup> AGS), donde se detalla paso a paso cada uno de las acciones que se deben hacer durante estos procesos, considerando que la herramienta fue implementada en campo (ver Anexo).

En lo consiguiente se resumirá los aspectos más importantes manteniendo el orden sugerido para el desmontaje.

Primero se hace una prueba de funcionamiento, la cual verifica que la herramienta tuvo desempeño mecánico exitoso hasta el final de la operación en campo.

Se dispone el *StableLine*<sup>TM</sup> AGS en el *torquemaster* con ayuda de este se le aplica presión simulando una presión hidrostática de lodo para que este reaccione moviendo los pistones ajustables radialmente (Figura II.30.).



Figura II. 30. *StableLine*<sup>TM</sup> AGS en *torquemaster*

El gato hidráulico del *toquemaster* ejerce la presión necesaria para que el *Stableline™* AGS abra sus pistones. Ver figura II. 31.



Figura II. 31. Gato hidráulico ejerciendo presión sobre AGS

Se realiza la extracción de los tornillos que mantienen ajustado el cuerpo interno del estabilizador en la posición deseada. Como consecuencia el aceite que actúa como lubricante en esta sección empieza a fluir fuera del estabilizador (Figura II.32.).



Figura II. 32. Desenrosque de tornillos para liberar cuerpo interno

Nuevamente se ejerce presión con el gato hidráulico, como se observa en la figura II.33., hasta lograr deslizar el cuerpo interno del AGS hasta que salen sus aletas.



Figura II. 33. Desmontaje de aletas de AGS

Continúa aplicándose presión con lo cual empieza a observarse parte del cuerpo interno de estabilizador salir en el extremo opuesto, esto es el *choke housing*, la camisa que contiene el obturador de carburo así como también el cilindro de leva. Ver figura II.34.



Figura II. 34. Desmontaje del *choke housing*



Se desmonta el *choke housing* del resto del cuerpo interno del AGS y continua deslizando el mismo fuera de la camisa. (Figura II.35.)

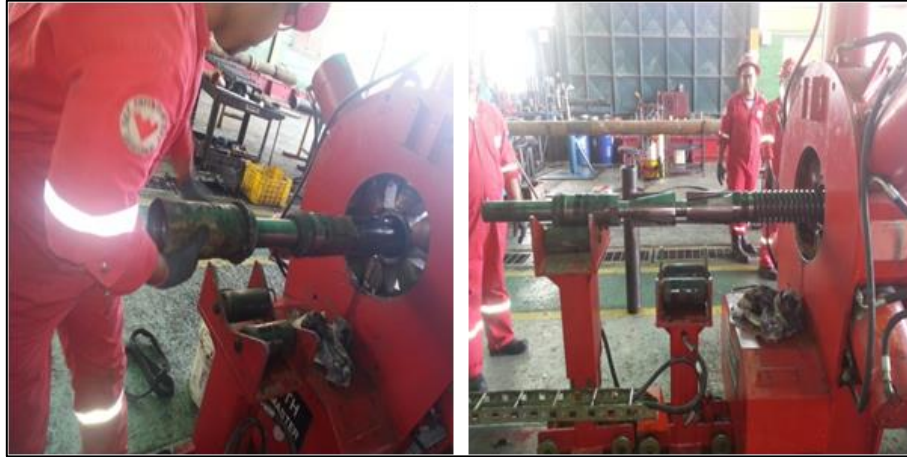


Figura II. 35. Extracción del cuerpo interno AGS

Finalmente tal como se ve en la figura II.36., el cuerpo interno y la camisa del estabilizador se separan.



Figura II. 36. Camisa y cuerpo AGS separados

Se procede a montar en el *torquemaster* el “*Spring Compression Sleeve*”, dicha pieza sirve para fijar dentro de ella el cuerpo interno del estabilizador y así terminar el desmontaje. Los *Ramp Clamp Key* son las piezas que mantienen en la posición

deseada al cuerpo interno del AGS dentro del *Spring Compression Sleeve*. (Figura II.37.)



Figura II. 37. *Spring Compression Sleeve* y *Ramp Clamp Key*

Una vez ubicado dentro del *torquemaster* el cuerpo de interno del estabilizador se desmontan los dos cilindros concéntricos que conforman el sistema de leva. Ver figura II.38.



Figura II. 38. *Spring Compression Sleeve* y *Ramp Clamp Key*



Ambas piezas se pueden observar en estas figuras. Cada una de ellas tiene carriles con una trayectoria establecida las cuales llevan a las posiciones neutra, abierta o cerrada del AGS. Ver Figura II.39.



Figura II. 39. Vista de Sistema de leva

El *spring compression housing* se enrosca al *spring compression sleeve* lo cual comprime el resorte para desanclarlo del cuerpo interno. Ver figura II.40.



Figura II. 40. Resorte desanclado

El desmontaje termina finalmente, cuando el *StableLine*<sup>TM</sup> AGS se encuentra completamente separado en cada una de sus piezas individuales tal como se observa en la figura II.41.



Figura II. 41. Desmontaje final



Figura II. 42. Equipo técnico *Down Hole Motors*

#### II.4. PARÁMETROS OPERACIONALES <sup>[10]</sup>

En el proceso de perforación intervienen una serie de parámetros operacionales los cuales se definen por las mediciones físicas llevadas a cabo por el equipo de perforación direccional. Éstos están relacionados directamente con el proceso como tal, con el equipo y con la geología del subsuelo y su registro puede llevarse a cabo mediante instrumentos de tipo analógico o digital. Los parámetros más importantes se mencionan a continuación:

#### **II.4.1. Velocidad de perforación**

Representa el avance de la perforación expresada en metros por minutos o en pies por hora, este parámetro es la velocidad con la que se penetra la roca, el cual depende de las propiedades físicas y la resistencia a la compresión de las rocas. Generalmente este parámetro es llamado ROP, por sus siglas en inglés (*Rate Of Penetration*).

#### **II.4.2. Velocidad de rotación (RPM)**

Está representada por la velocidad angular, expresada en revoluciones por minuto, que la mesa rotaria o *topdrive* transmite a la sarta de perforación y ésta, a su vez, a la mecha. Uno de los factores que interviene directamente en la velocidad de rotación, es la dureza de las formaciones.

#### **II.4.3. Peso sobre la mecha (WOB)**

Es la fuerza aplicada sobre la mecha, a través de la sarta de perforación, con la finalidad de que la herramienta cumpla su función de perforar los estratos rocosos, este peso debe ser tal que permita a la misma penetrar la formación más efectivamente. En la industria petrolera la nomenclatura de este parámetro de perforación es WOB, a razón de sus iniciales en inglés (*Weight on Bit*).

#### **II.4.4. Densidad del lodo**

Este parámetro debe ser adaptado de acuerdo a las características que presente el tipo de formación a perforar, por lo tanto para su determinación intervienen una serie de factores que contribuyen a la mejor selección del mismo. Esta densidad tiene que ser capaz de soportar las paredes del hoyo controlando primordialmente la presión de la formación, con el objeto de evitar posibles arremetidas y reventones que se puedan originar por efecto de presiones anormales en el yacimiento.

#### **II.4.5. Caudal de perforación**

Es la cantidad de lodo bombeado al pozo por minuto. Cuando la bomba está funcionando a una velocidad constante, desplaza una cantidad fija de fluido dentro del pozo a cada minuto.

#### **II.4.6. Desviación o *Dogleg* (DL)**

El término *Dogleg* es referido a que tan tortuoso está el agujero de un pozo. Similar a la pata posterior de un perro, de donde el nombre proviene. Este es una medida del cambio angular total en el agujero del pozo entre las estaciones de *surveys* expresada en grados, en otras palabras es el cambio angular calculado usando inclinación y dirección del agujero de las dos estaciones de *surveys* adyacentes.

#### **II.4.7. Tasa de Construcción de Ángulo o *Dogleg Severity* (DLS)**

Podría definirse como la tasa de cambio de la desviación del pozo, es decir, es una desviación normalizada calculada en grados por unidad de longitud estándar. Esto permite que se pueda referir la desviación del agujero sin tener que constantemente expresar las longitudes asociadas del curso entre las estaciones de *surveys*. Este es un valor calculado y usualmente se expresa en grados por cada cien pies.

Cualquier cambio de ángulo severo o brusco entre el rumbo verdadero o la inclinación de dos (2) secciones o registros del hoyo se define como pata de perro, como se observa en la Figura II.43. La severidad de pata de perro, representa la tasa de cambio de ángulo expresada sobre una longitud específica.

La cantidad de daño que produce la fatiga depende del número de ciclos experimentados en la pata de perro, así como las dimensiones y propiedades mecánicas de la propia tubería. Debido a que la tensión en la tubería es crítica, una pata de perro de poca profundidad en un pozo profundo a menudo se convierte en una fuente de dificultades.

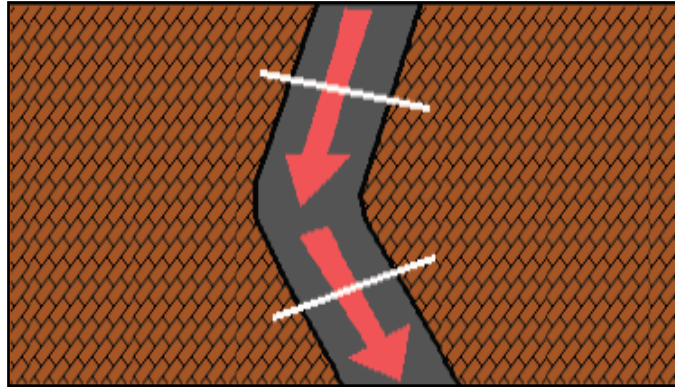


Figura II. 43. Pata de perro (*dogleg*) <sup>[10]</sup>

Han sido elaborados programas para la planificación y perforación de pozos con el fin de minimizar la fatiga, estos programas son necesarios para reducir el daño por fatiga.

#### II.4.8. Fricción

Superar el efecto de la fricción es el principal objetivo en el diseño de la sarta de perforación para un pozo horizontal. Además de la fricción axial (arrastre) debida al viaje y/o deslizamiento de la sarta dentro del pozo, también existe la fricción torsional (torque) debida a la rotación de la sarta.

Al girar y mover la tubería dentro o fuera del pozo, la fricción total se dividirá en fricción torsional (torque) y fricción axial (arrastre). La fricción total se dividirá dependiendo de la velocidad de rotación “ $V_c$ ” (revoluciones por minuto) y la velocidad de viaje “ $V_a$ ” (m/min) de la sarta. La velocidad resultante “ $V_r$ ” es determinada mediante la ecuación 1:

$$V_r = \sqrt{V_a^2 + V_c^2} \quad (1)$$

En la figura II. 44. se muestra el diagrama de fuerzas de fricción y movimientos.

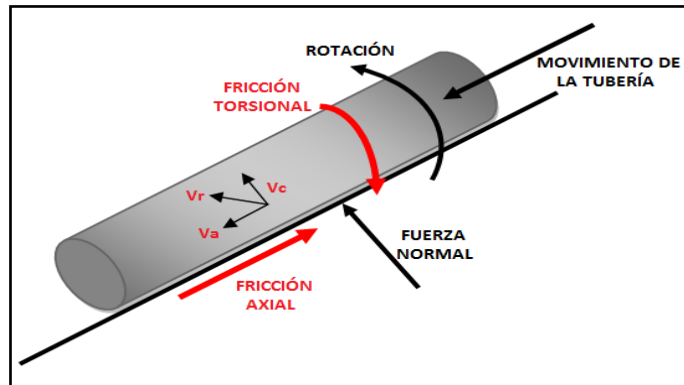


Figura II. 44. Efecto combinado de la fricción sobre la sarta de perforación <sup>[10]</sup>

El diseño de una sarta de perforación para un pozo direccional es complejo y requiere que sus componentes trabajen a compresión para transmitir peso a la mecha a través de la sección horizontal del pozo. Esta debe ser diseñada para proveer el peso requerido en la mecha, producir mínimo torque y arrastre y proveer una adecuada hidráulica para la circulación del flujo de perforación y el drenaje hacia la superficie de los residuos productos del corte de los sustratos.

#### II.4.9. Torque

Representa la fuerza necesaria para rotar la tubería. Durante las operaciones normales de perforación el torque rotativo aumenta gradualmente con la profundidad, como resultado del efecto del contacto entre las paredes del pozo y la sarta de perforación.

El torque de la sarta en el punto de interés incluye el torque de la mecha. La torsión en la sarta es calculada a lo largo de la misma para cada uno de sus componentes, y es acumulativa a lo largo de la sarta de trabajo.

La torsión suele ser crítica en operaciones de desviación de pozos, pozos profundos y secciones de repaso para calibración.

#### II.4.10. Arrastre <sup>[22]</sup>

El arrastre de la sarta de perforación es la diferencia entre el peso de la sarta en rotación en el fondo (sin movimiento axial) y su peso al momento de sacarla o meterla respectivamente. Medido desde el peso de la sarta en rotación, el arrastre ascendente usualmente es ligeramente mayor que el arrastre descendente.

En un pozo de alta inclinación las fuerzas laterales entre la sarta y la pared del pozo son bastante altas. El factor de fricción que indica la magnitud de la fricción se emplea para convertir las fuerzas laterales en arrastre.

El coeficiente de fricción deslizante es la relación de la fuerza de fricción con la fuerza normal de contacto. En realidad, este valor depende de los materiales de contacto específico y el grado de lubricación en los diferentes lugares dentro del agujero. Sin embargo, todos estos efectos son expresados como un coeficiente de fricción de característica única que representa las condiciones promedio en un agujero particular. La determinación de este coeficiente de parámetro alzado es fundamental para la aplicación práctica del modelo. En la tabla II.6. se muestran los porcentajes de factores de fricción según la sección del pozo y el tipo de lo lodo.

Tabla II. 6. Porcentaje de factores de fricción para lodo base aceite y base agua <sup>[22]</sup>

<b>Factores de fricción</b>		
<b>% Factores de fricción</b>	<b>Lodo base aceite</b>	<b>Lodo base agua</b>
Tubería de revestimiento interior	15 – 17	25 - 30
Agujero Abierto	15 – 22	35 - 40

El peso en superficie de la sarta de perforación es calculado como la fuerza axial de ésta a una determinada profundidad. Existen varios métodos para calcular la fuerza axial los cuales son descritos a continuación:

✓ Fuerza axial por el método de presión de área

La fórmula para calcular la fuerza axial (se considera el peso en superficie) de la sarta de perforación a una determinada profundidad es calculada por la ecuación 2, referida en el *NS-8 Libro teórico de fuerzas en la sarta*:

$$Fuerza Axial = (W * L) - (MW * L * CSA) \quad (2)$$

Donde:

<i>L</i>	Longitud de la sarta de perforación colgada debajo del punto de interés (pies)
<i>W</i>	Peso por pie de la sarta de perforación (lbs/pies)
<i>CSA</i>	Área transversal de la tubería (pulg <sup>2</sup> )
<i>MW</i>	Peso del lodo (cP)

✓ Fuerza axial por el método de flotación

La fuerza axial en la sarta por el método de flotación es calculada por la ecuación 3 referida en el *“NS-8 Libro teórico de fuerzas en la sarta”*. El resultado de ésta es comparado con la fuerza de pandeo crítica. Si por el método de flotación el valor obtenido es negativo (en compresión) y además es mayor que la fuerza de pandeo crítica, el elemento de la sarta presentará pandeo.

$$Fuerza Axial = L * BF * W \quad (3)$$

Donde:

<i>L</i>	Longitud de la sarta de perforación colgada debajo del punto de interés (pies)
<i>BF</i>	Factor de flotación
<i>W</i>	Peso por pie de la sarta de perforación (lbs/pies)

Existen diversas causas que provocan problemas de arrastre y torques excesivos en un pozo, entre las cuales se pueden citar: insuficiente limpieza del hoyo, inestabilidad de las paredes del hoyo (reducción y/o derrumbes del agujero), pega



de las tuberías en el fondo, geometría irregular del agujero perforado, entre otras. Las causas mencionadas se consideran problemas operacionales que representan condiciones no deseadas durante la perforación. Sin embargo, en un pozo sin los problemas operacionales mencionados, se considera que la fuente primaria de arrastre y torsión es la fricción por deslizamiento.

#### II.4.11. Vibraciones

Las vibraciones son resultado directo de las acciones que suceden en el fondo del pozo durante la perforación como lo son, el contacto entre la mecha y la formación, la transmisión de potencia entre el BHA y el equipo de perforación. La eliminación de todas las vibraciones no es posible, sin embargo, es posible tomar medidas para reducir la cantidad de vibraciones que ocurren durante la perforación y así mejorar la eficiencia de la perforación y aumentar la vida útil de los componentes de perforación.

Hay tres (3) movimientos de vibración que afectan a los componentes del BHA, estos son axiales, laterales y de torsión representada en la Figura II.45.

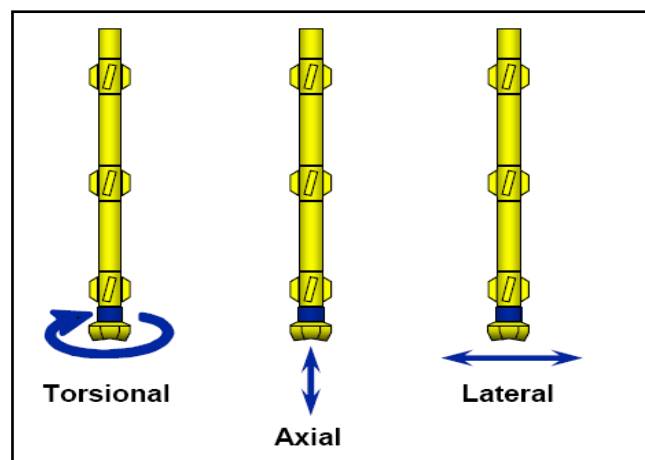


Figura II. 45. Movimientos de vibraciones comunes en el BHA <sup>[24]</sup>

#### II.4.10.1. Vibraciones axiales

La vibración axial es causada por las fluctuaciones del peso sobre la mecha (WOB). Largas fluctuaciones en el WOB causan que la mecha repetidamente se levante e impacte la formación nuevamente. <sup>[16]</sup>

#### II.4.10.2. Vibración torsional

Esta vibración torsional es causada por la variación de la aceleración y la desaceleración del BHA durante la rotación. La rotación no uniforme de la mecha que ocurre cuando ésta se para de rotar momentáneamente a intervalos regulares causa que la sarta agarre torque periódicamente y después lo libere al girar libremente cuando lo suelta, provocando que vaya en una secuencia regular de aceleración y desaceleración. Generalmente este tipo de vibraciones se reconocen con el nombre de *Stick – Slip*.

#### II.4.10.3. Vibración lateral

Ocurre cuando la mecha y/o el BHA rota excéntrica de un punto diferente a su centro geométrico causado por la ampliación del agujero producto de fuerzas laterales que actúan sobre el corte de la mecha (aumentando el diámetro del hoyo), así como también un gran aumento de la carga de impacto sobre los cortadores que resulta en una falla prematura de la mecha.

### II.5. SIMULADOR

#### II.5.1. DEPRO<sup>®</sup> <sup>[10]</sup>

Pegasus Vertex ha desarrollado DEPRO<sup>®</sup> para ayudar en el cálculo de Hidráulica, torque y arrastre a lo largo sarta de perforación para diversas operaciones, como lo es deslizar, perforar, viaje de tubería dentro y fuera del hoyo.

La data puede ser ingresada a través de módulos de análisis de torque, arrastre e hidráulica, algunos datos generales son introducidos en editores centralizados, como editor de la sarta, editor del pozo y editor del fluido.

DEPRO® permite al usuario identificar los potenciales problemas durante planeación, suministro y ubicación de las herramientas, la optimización de la hidráulica y otras herramientas para investigar la modificación de diseño para ser mejorada, si fuera necesario.

El módulo de análisis normal puede usarse para calcular el torque, el arrastre, fuerza axial, fuerza lateral, punto neutro y otros parámetros para una posición específica de la mecha dentro del pozo. El módulo también calcula el peso medido en la superficie para las diferentes condiciones de operación conocidas como:

- ✓ Viaje de la sarta hacia afuera del hoyo con o sin rotación (*Tripping out with and without rotating*).
- ✓ Viaje de la sarta hacia adentro del hoyo con o sin rotación (*Tripping in with and without rotation*).
- ✓ Sarta rotando en el hoyo (*Rotating On Botton*).
- ✓ Sarta rotando fuera del hoyo (*Rotating Off Botton*).
- ✓ Perforación por deslizamiento (*Slide Drilling*).
- ✓ Repaso del hoyo (*Backreaming*)

### **CAPÍTULO III**

#### **DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO**

##### **III.1. CUENCA ORIENTAL DE VENEZUELA**

La Cuenca Oriental de Venezuela es una depresión topográfica y estructural ubicada en la zona centro-este del país, se extiende de este a oeste por los estados Guárico, Anzoátegui, Monagas, Delta Amacuro y parte del estado Sucre prolongándose por la plataforma deltaica hasta el sur de Trinidad; limitada al norte por la línea que demarca el piedemonte meridional de la Serranía del Interior Central y Oriental, y al sur por el curso del río Orinoco.

Ésta cuenca tiene una longitud aproximada de 800 km de este a oeste y un ancho promedio de 200 km de norte a sur. Se caracteriza topográficamente por presentar extensas llanuras y un área de mesas que comprende los estado Guárico y Monagas, abarcando alrededor de 165.000 Km<sup>2</sup> y estratigráficamente por contener 20.000 pies promedio de sedimentos Paleozoicos, Cretácicos, Terciarios y Recientes.

Estructuralmente, la Cuenca Oriental de Venezuela es una gran depresión donde la transgresión marina del Terciario invadió el oriente del país dejando una espesa secuencia sedimentaria, la misma se encuentra representada por areniscas y lutitas de las formaciones Freites, Oficina y Merecure, la cual descansa discordantemente sobre el Grupo Temblador perteneciente al Cretáceo.

En la Cuenca Oriental de Venezuela se distinguen ocho áreas principales productoras de petróleo: área de Guárico, área mayor de Anaco, área mayor de Oficina, área mayor de Temblador, Faja Petrolífera del Orinoco, área mayor de Jusepín, área de Quiriquire y área de Pedernales. En el área de la Faja Petrolífera del Orinoco se produce un truncamiento de todo el terciario contra las rocas cretácicas y pre-cretácicas del Macizo Guayanés. Ver Figura III.1.

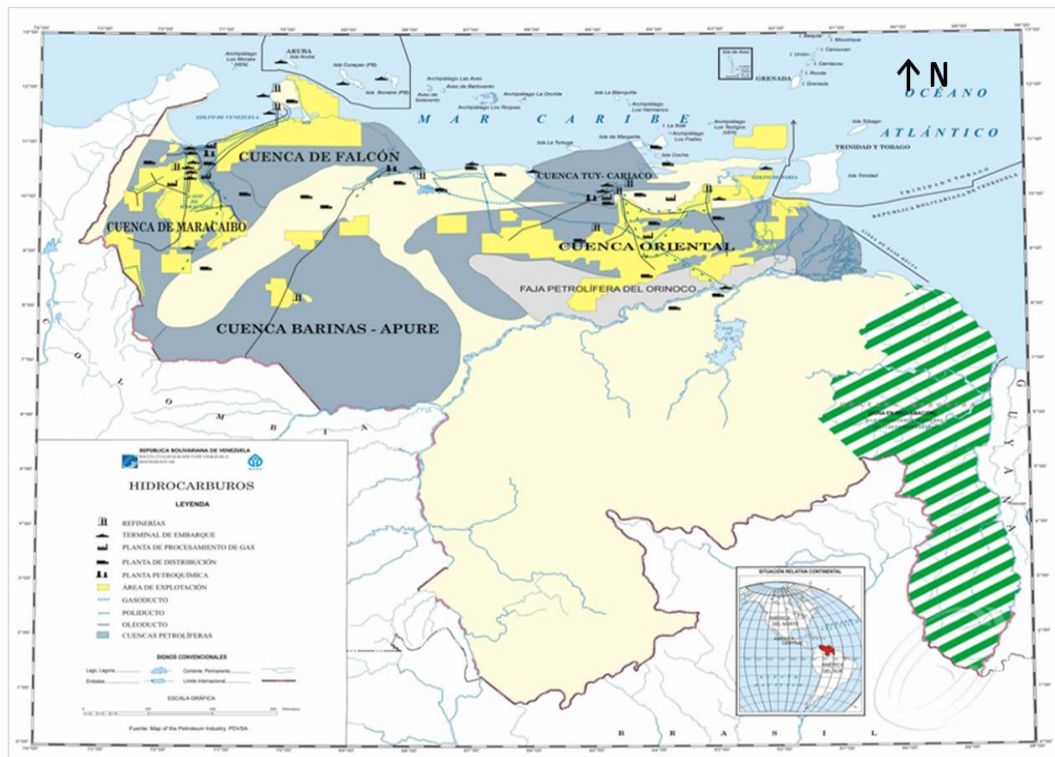


Figura III. 1. La Faja Petrolífera del Orinoco en la Cuenca Oriental [15]

Las acumulaciones de hidrocarburos en explotación se encuentran principalmente en el subsuelo de los llanos de los estados Anzoátegui y Monagas. Al sur, en los llanos de Anzoátegui y Monagas, los intervalos productores son cuerpos arenosos que pertenecen principalmente a la Formación Oficina del Mioceno y Merecure del Oligoceno; siendo la primera formación la unidad productora por excelencia en la Cuenca Oriental de Venezuela.

### III.1.1 Estratigrafía de la Cuenca Oriental de Venezuela

La estratigrafía consta exclusivamente de areniscas y lutitas, con edades que van desde el Paleozoico al Pleistoceno; las acumulaciones más importantes pertenecen a las formaciones del período Terciario especialmente del Oligoceno y del Mioceno. Según diversos estudios realizados en las formaciones productoras de la Cuenca Oriental de Venezuela, determinan que los cuerpos de arena que la constituyen fueron depositados en un ambiente fluvial a deltaico.

En la Figura III.2. se muestra la columna estratigráfica de las formaciones que conforman la Cuenca Oriental de Venezuela en correlación con las edades depositacionales de las mismas.

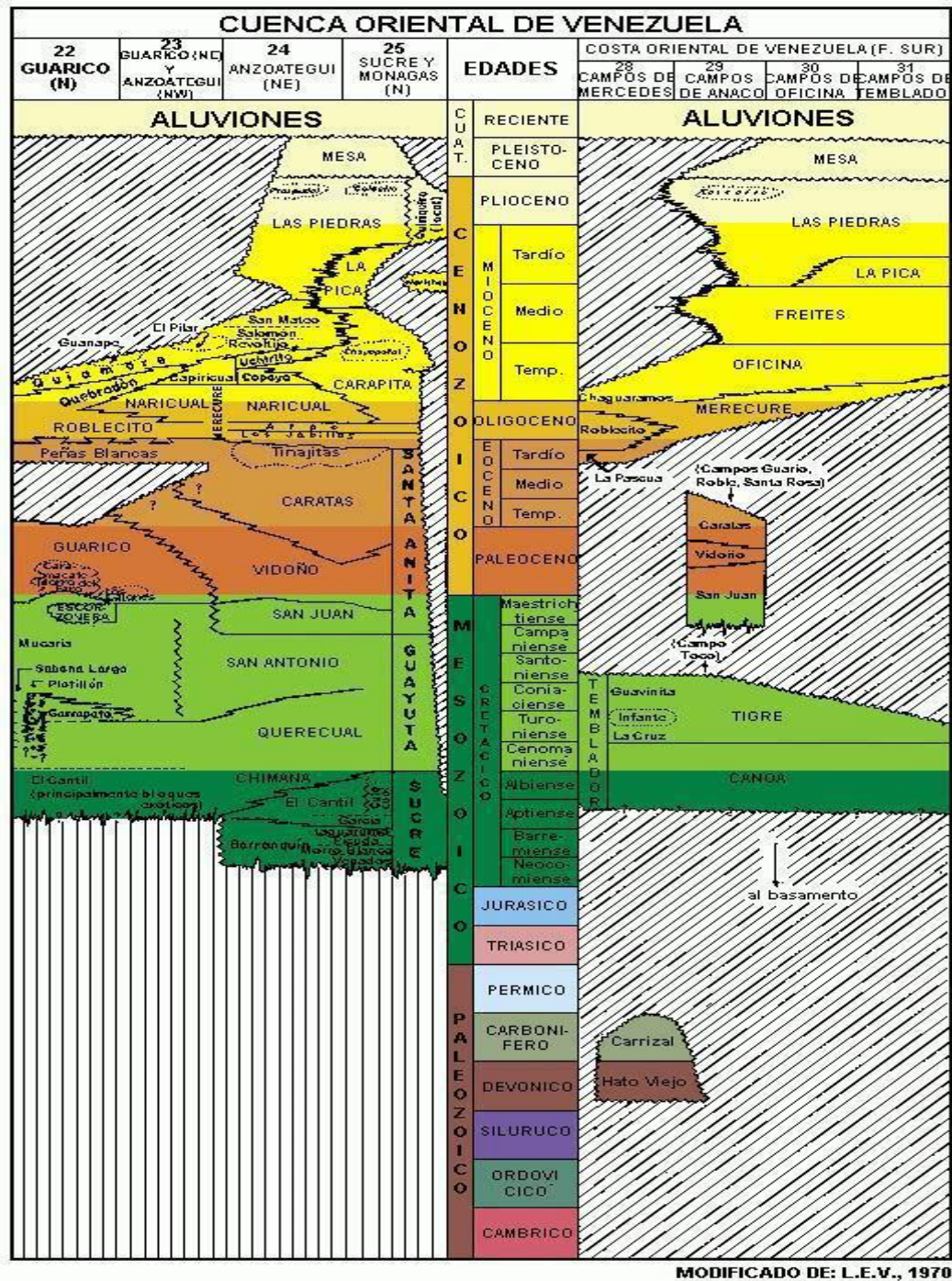


Figura III. 2. Columna estratigráfica de la Cuenca Oriental de Venezuela [27]



## III.2. FAJA PETROLÍFERA DEL ORINOCO (FPO)

### III.2.1 Ubicación geográfica de la Faja Petrolífera del Orinoco

La Faja Petrolífera del Orinoco se encuentra ubicada en el Flanco sur de la Cuenca Oriental, en una sección sedimentaria que descansa en el basamento cristalino al norte del río Orinoco y del Escudo Precámbrico Guayanés. Con una extensión de 600 Km de oeste a este, la FPO inicia en el estado Delta Amacuro, atraviesa el sur de los estados Monagas y Anzoátegui, hasta cubrir parte del estado Guárico. Presenta un ancho de 32 a 100 kilómetros y comprende un área total de 55.314 Km<sup>2</sup>.

Tal como se muestra en la Figura III. 3., la FPO se encuentra dividida en cuatro áreas principales, siendo estas de oeste a este: Boyacá, Junín, Ayacucho y Carabobo, las cuales, a su vez, se encuentran segmentadas en un total de 31 bloques de 500 Km<sup>2</sup> cada uno aproximadamente.



Figura III. 3. Ubicación Faja Petrolífera del Orinoco – Áreas Principales [15]

### **III.2.2. Datos generales de la Faja Petrolífera del Orinoco**

La Faja Petrolífera del Orinoco posee un área actual en explotación de 11.593 Km<sup>2</sup>. En esta área se encuentra un estimado de 1.36 billones de barriles de Petróleo Original en Sitio (POES), con una gravedad de 6 a 12º API, por lo que constituye la fuente de reservas de hidrocarburos líquidos más grande del mundo.

Una característica de las formaciones que conforman los yacimientos es que están constituidos por arenas no consolidadas, presentando una alta porosidad y permeabilidad. Las arenas de la Formación Oficina y Merecure constituyen los principales yacimientos petrolíferos en la mayoría de los campos tradicionales de la FPO.

En los yacimientos de la FPO el petróleo es totalmente inmaduro. Este se originó en la parte más profunda del centro de la cuenca al norte y migró posteriormente junto a otros fluidos a la parte más alta hacia el sur de la cuenca, donde se acumularon y preservaron, debido a los cambios en la permeabilidad de las arenas y a la presencia de fallas sello o cementación diagenética.

La FPO puede definirse estratigráficamente como una secuencia de rocas sedimentarias que aumentan su grosor y buzanan hacia el norte reposando sobre un basamento de origen ígneo-metamórfico de edad Precámbrica. La sección sedimentaria está representada por las Formaciones Hato Viejo y Carrizal del Paleozoico, El grupo Temblador del Cretácico, Formación Ipire del Jurásico, Formaciones la Pascua, Chaguaramas, Roblecito, Merecure, Oficina, Freites y las Piedras del Cenozoico y la Formación la Mesa del Pleistoceno.

### **III. 2.3. Características estructurales de la FPO**

Las acumulaciones de hidrocarburos presentes en la Faja están controladas esencialmente por trampas estratigráficas. Es por esto, que no se encuentran contactos de agua-petróleo regionales, ni tampoco contactos gas-petróleo.



La estructura regional está representada por un suave monoclinal de mantos apenas inclinado hacia el norte, cortado por fallas menores, en su mayoría de rumbo este-oeste. El principal mecanismo de entrapamiento al sur es estratigráfico, debido al adelgazamiento de las arenas de las formaciones Merecure y Oficina del este al oeste. Hacia el norte el entrapamiento es una combinación estructural – estratigráfica, conformado por dos grupos de fallas.

La Zona Central de la FPO posee una estructura monoclinal que sigue un rumbo sur-norte con un buzamiento de 2 a 4 grados al norte, mientras que la zona Oriental se presenta como un monoclinal de suave buzamiento norte de aproximadamente cuatro (04) grados, fracturado por múltiples fallas principales, orientadas este-oeste. La mayoría de las fallas son no - sellantes, normales y de gran extensión (superior a los 15 Km). La Figura III. 4. muestra la configuración estructural esquemática de la FPO.

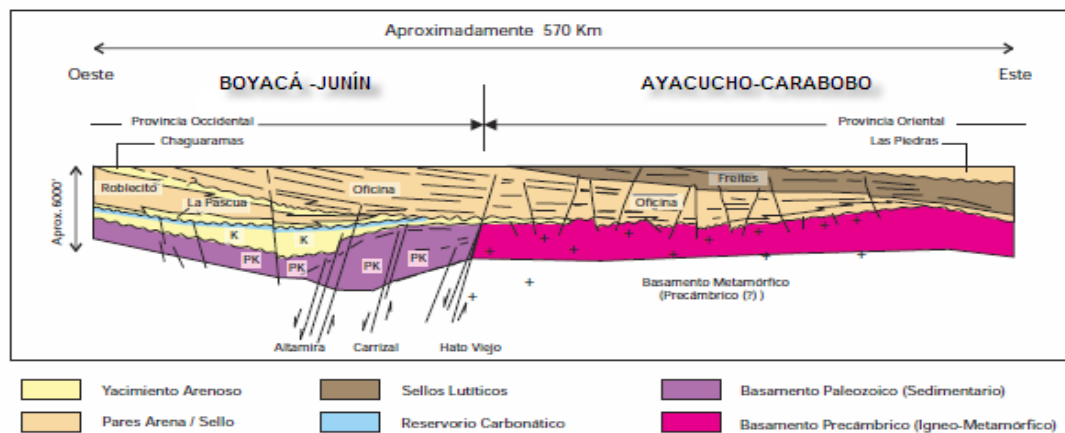


Figura III. 4. Configuración estructural esquemática de la FPO <sup>[15]</sup>

### **III.3. ÁREA CARABOBO**

#### **III.3.1. Ubicación del Área Carabobo**

Desde el punto de vista político-administrativo, esta área se ubica en la jurisdicción de los municipios Independencia en el Estado Anzoátegui y, Libertador y Uraoa en el Estado Monagas.

Geográficamente, el Área de Carabobo se encuentra ubicada en el flanco sur de la Cuenca Oriental de Venezuela, en la parte sur de los estados Monagas y Anzoátegui. Está situada en la parte Oriental de la FPO, al norte de la ciudad de Puerto Ordaz y del río Orinoco. Presenta una superficie de 2311 Km<sup>2</sup> y está limitada al norte por el área tradicional del Distrito Social de Morichal, al este por el Estado Delta Amacuro, y al oeste por el Área de Ayacucho.

#### **III.3.2. Características generales del Área Carabobo**

El petróleo entrampado en el área de Carabobo, presenta características marinas, por lo que se cree que fue originado de las Formaciones Querecual y San Antonio. Los yacimientos poseen una profundidad que oscila entre 1.000 y 4.500 pies. La sección productora está representada por la Formación Oficina de edad Mioceno Inferior, del Terciario Medio, representada por cuatro miembros (Morichal, Yabo, Jobo, Pilón). El miembro más prospectivo es Morichal que presenta tres intervalos. El superior y el medio está representado por arenas intercaladas con lutitas y limolitas con presencia de carbones y espesores promedio de 220' y 250'. En el intervalo inferior (Morichal Inferior) existen paquetes de arenas masivas poco consolidadas con espesores de arena importantes (60 a 80 pies).

Los yacimientos bajo estudio presentan una gravedad API de 6 - 10º, porosidad promedio de 32%, presión inicial de 671 a 1550 lpc, permeabilidad entre 5 a 10 darcys y saturación de petróleo promedio de 82%.

Actualmente el área de Carabobo se encuentra dividida en 4 bloques, los cuales son: Carabobo 1 Centro, 1 Norte (PetroCarabobo; Repsol - España, Petronas- Malasia, ONGC, Oil Indian Limited, Indian Oil Company – India); Carabobo 2 Norte, 4 Oeste (PDVSA 100%); Carabobo 2 Sur, 3 Norte y Carabobo 5 (PetroIndependencia - Mitsubishi, Inpex - Japón, Chevron – USA, Suelopetrol –Venezuela) y Carabobo 4 (Pendiente Licitación).

### **III.3.3. Estructura en Área Carabobo**

La configuración estructural en el área Carabobo es un suave e irregular homoclinal fallado de rumbo este-oeste a NE-SO y buzamiento general al norte-NO, el cual se inclina de manera general hacia el norte con ángulo de 2-4°. Las fallas de tipo normal afectan principalmente al basamento y la parte inferior de la secuencia estratigráfica terciaria suprayacente. El fallamiento principal tiene orientación NE-SO y buzamientos al sur oeste y sur este. También se observan algunas fallas de orientación NO-SE, este-oeste y norte-sur, con buzamientos de orientación variable. Las fallas del basamento se formaron antes de la sedimentación de las formaciones terciarias y se reactivaron con cada evento tectónico que ocurrió al norte de Venezuela, entre las placas Caribe y Sudamérica, desde el Mioceno al presente, así como también, se formaron nuevas fallas que solo afectan a la secuencia sedimentaria. El desplazamiento vertical de las fallas que afectan el basamento y la parte inferior de la secuencia sedimentaria varía de 50 a 200 pies.

### **II.3.4. Estratigrafía**

La columna estratigráfica de Carabobo comienza (partiendo desde el miembro más viejo al más joven) con un complejo ígneo-metamórfico de edad Pre-Cámbrico que se constituye como Basamento. Le sigue en contacto discordante el grupo Temblador de Edad Cretácica; luego en contacto discordante con la Formación Oficina de edad Mioceno Inferior a Medio con sus cuatros miembros como lo son:

Morichal, Yabo, Jobo y Pilón; siguiendo la Formación Freites de edad Mioceno Superior y por último las Formaciones Las Piedras-Mesa que corresponden al Plioceno-Pleistoceno y que además no es posible diferenciarlas en el área de la Faja. Ver Figura III. 5.

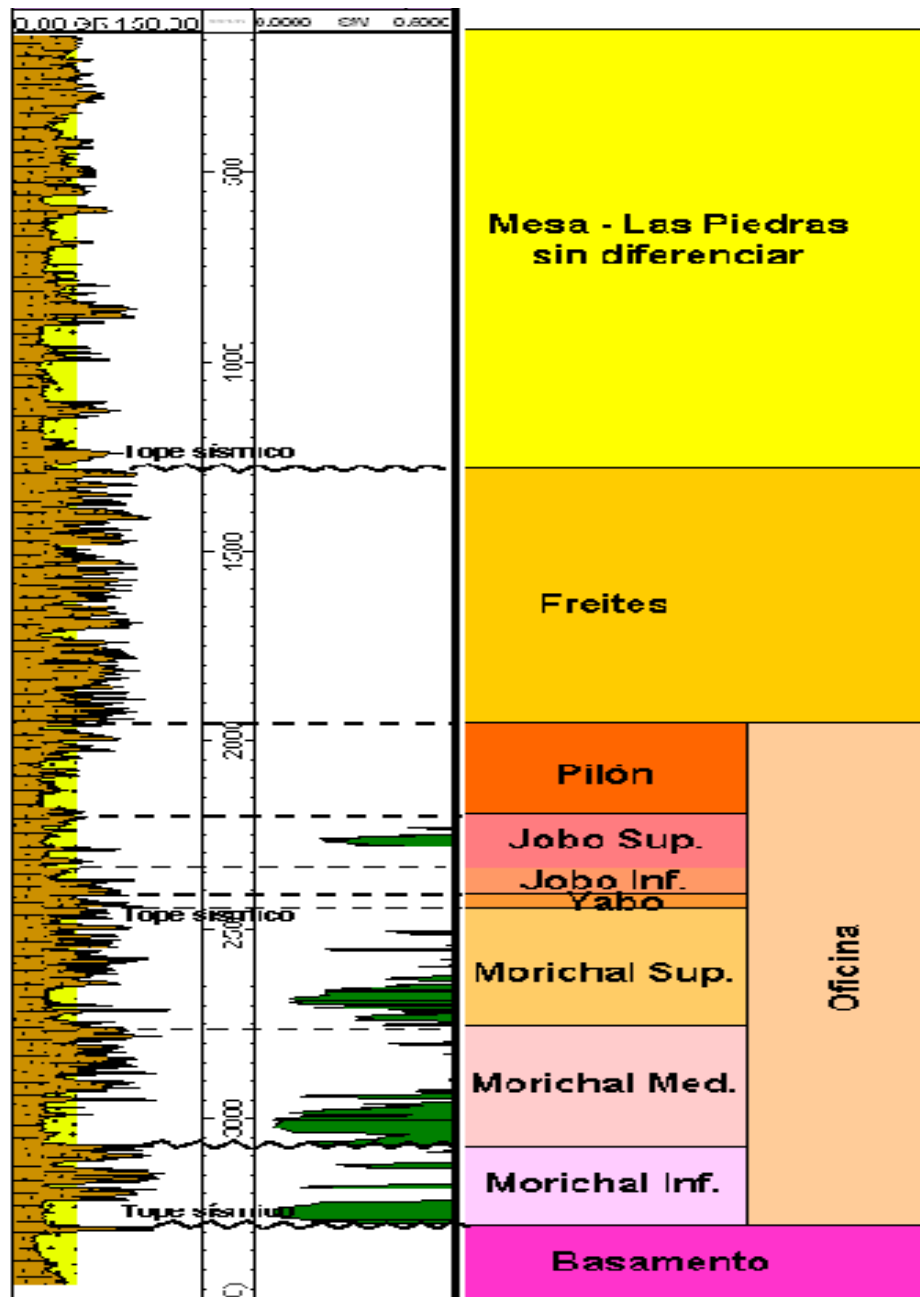


Figura III. 5. Columna estratigráfica tipo para el área de Carabobo <sup>[30]</sup>

### **III.3.5. Ambiente de sedimentación**

El enfoque de sedimentación está representado por un sistema retrogradacional en un ambiente fluvio deltaico donde existieron ciclos de subida del nivel del mar sumado a eventos de subsidencia de la cuenca. El ambiente de sedimentación para la formación Oficina ocurrió en un ambiente fundamentalmente fluvio deltaico, donde los procesos dominantes de la facie deltaica se asocia a un ambiente de mareas. Los depósitos varían desde gruesos paquetes de arenas fluviales poco consolidadas, de gran continuidad lateral, ubicados en la base del intervalo a facies deltaicas representadas por canales, barras y depósitos de inundación.

El intervalo de roca correspondiente al miembro Morichal se ubica estratigráficamente en la parte basal de la formación Oficina. El mismo se depositó, mayormente, de manera discordante sobre un basamento que presenta, según los informes, evidencias de alteración por exposición en la mayoría de los pozos del área. A esta sección referida al basamento alterado por procesos de meteorización se le llama basamento meteorizado. El proceso dominante es de mareas pero también existen sedimentos asociados a deltas con dominio de ríos. Existen también sedimentos asociados a subambientes como depósitos de estuarios, canales de marea, barras de marea, depósitos de llanura deltaica o de inundación, canales distributarios, barras de desembocadura y abanicos de rotura. Estos últimos se asocian más a deltas dominados por ríos por lo que se pudiera estar en presencia de una alternancia en los procesos dominantes de las facies deltaica entre dominio de mareas y dominio de ríos. Adicionalmente existen desarrollos de intervalos lutíticos carbonáceos y desarrollo de carbones (lignítos) en las fases de abandono de los canales existentes y en la planicie deltaica.

La sección del miembro Morichal está subdividida en 3 unidades que van desde la unidad Morichal inferior ubicada en la base del intervalo hasta la unidad Morichal Superior ubicada en tope de la misma. Dichas unidades se depositaron de manera

retrogradante hacia el sur-SE a medida que el nivel del mar tenía pulsos de subida de manera progresiva.

Los intervalos correspondientes a Morichal Superior y Medio representan la facie deltaica que suprayase a Morichal Inferior y están representadas por sedimentos pertenecientes a un ambiente deltaico donde los procesos dominantes son de marea. En ocasiones se describen facies de deltas de dominio de ríos. Esto significa que el ambiente de sedimentación para el miembro Morichal está enmarcado dentro de un ambiente fluvial en la base, pasando a ambientes deltaicos y marinos en su sección media y superior respectivamente. El intervalo basal se compone mayormente por paquetes de arenas limpias con espesores importantes que superan los 80 pies. Esto viene asociado al apilamiento de canales fluviales, los cuales se asocian a sistemas de alta energía enmarcados dentro de un ambiente con marcada influencia fluvial. Estos depósitos fluviales se encuentran alineados con los ejes principales de sedimentación, los cuales rellenaron el valle fluvial a medida que el nivel del mar ascendía progresivamente y ahogaba el sistema fluvial haciéndolo retrogradar. Estas arenas son limpias, poco consolidadas y poseen valores altos de porosidad y permeabilidad, separadas verticalmente por intervalos arcillosos de espesor variable.

#### **III.4. LOCALIZACIÓN CD-AC**

##### **III.4.1. Ubicación Geográfica**

El área Intercampos asignada al Distrito Morichal, está ubicada al norte del Área Carabobo de la Faja Petrolífera del Orinoco, específicamente al norte del Campo Cerro Negro y al sur del Campo Morichal, conocida como área Intercampos Cerro Negro-Morichal.

El pozo stratigráfico propuesto se encuentra hacia la parte NE del Yacimiento OFIM CNX 5, en el Área Intercampos Cerro Negro – Morichal, zona recientemente

incorporada al distrito morichal, la figura III. 6. muestra la ubicación de la localización CD-AC.

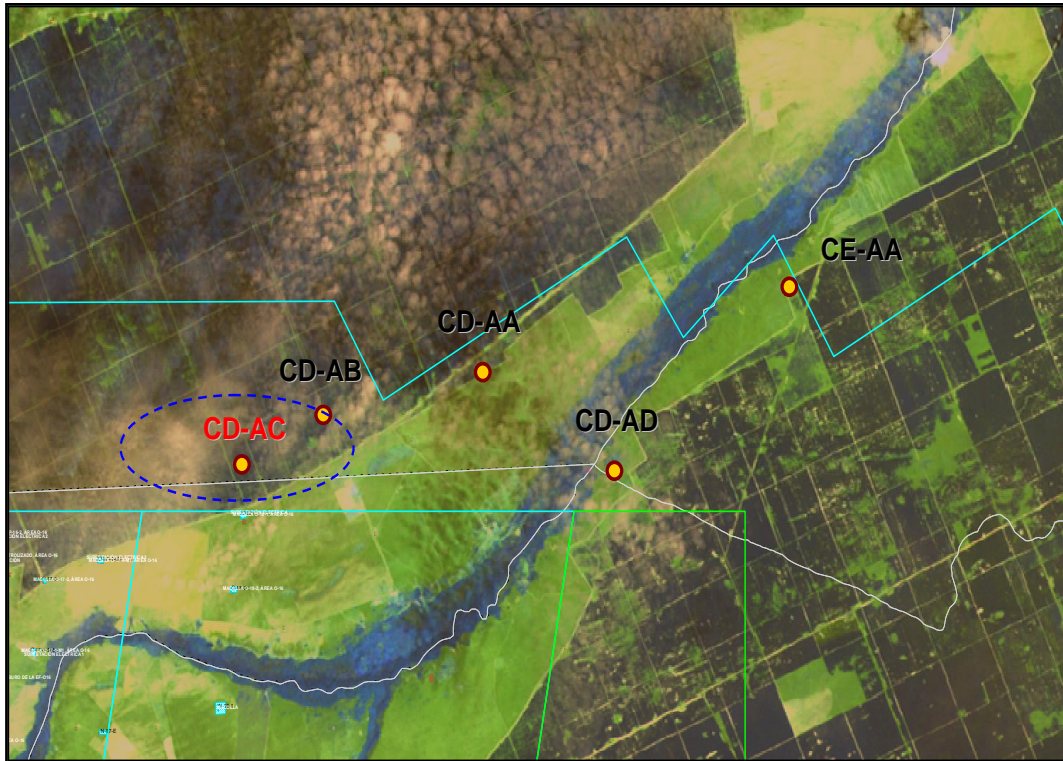


Figura III. 6. Ubicación Geográfica de la localización CD-AC en el área Intercampos Cerro Negro – Morichal <sup>[31]</sup>

#### III.4.2. Geología Regional

Los campos petrolíferos del Área Mayor de Temblador se encuentran en el Flanco Sur de la Cuenca Oriental de Venezuela, a lo largo de franjas paralelas (fallas normales) de rumbo NE. En la alineación norte se ubican los campos de El Salto y Jobo-Morichal; en la banda Sur, la línea de acumulaciones de Temblador, Isleño, Pílon, Uracoa, Bombal y Tucupita.

La estratigrafía de los campos del Área Mayor de Temblador es característica de la zona sur de la Cuenca Oriental de Venezuela y todos los campos del Área son muy similares estratigráficamente. Cuatro grandes unidades sedimentarias, las

formaciones Mesa, Las Piedras, Freites y Oficina, cubren discordantemente una unidad sedimentaria cretácica, el Grupo Temblador. Toda esta secuencia yace sobre un basamento ígneo-metamórfico precámbrico que representa el borde septentrional del Escudo de Guayana.

El Área Mayor de Temblador comprende un conjunto de campos petrolíferos en una alineación de fallas subparalelas de rumbo NE. Los campos tienen gran semejanza estructural, y se encuentran todos sobre un homoclinal de rumbo N 70° E, donde el Basamento desciende suavemente (4 a 5°) hacia el norte, cortado por fallas normales escalonadas de dirección general este-NE. La mitad de las fallas buza al sur, limitando los yacimientos. El movimiento estructural se ha ubicado en el Mioceno superior y Plioceno inferior, puesto que las fallas afectan la Formación Las Piedras inferior y medio y se profundizan dentro de Basamento.

### **III.4.3. Geología Local**

#### **III.4.3.1. Soporte Estratigráfico**

Durante la perforación se atravesará una columna sedimentaria constituida por las Formaciones Mesa y Las Piedras de edades Pleistoceno y Plioceno-Mioceno Superior respectivamente; le sigue en orden descendente La Formación Freites (Mioceno Medio) y la Formación Oficina (Mioceno Medio-Inferior); esta última constituye la roca recipiente más importante del área, la cual a su vez está conformada en orden descendente por los Miembros Pilón, Jobo, Yabo y Morichal siendo este último el de mayor interés en cuanto a reservas de petróleo se refiere. Infrayacente a la Formación Oficina se estima la presencia de sedimentos preterciarios (Grupo Temblador) suprayacentes al Basamento Igneo-Metamórfico, los cuales deben ser muestreados, con núcleos de pared, y/o muestras de canal (ripios).



#### III.4.3.1.1 Descripción litológica de la columna estratigráfica a perforar

##### ✓ Formación Mesa

Litológicamente la formación Mesa consiste de arenas de grano grueso y gravas, con cemento ferruginoso cementado y muy duro; conglomerado rojo a casi negro, arenas blanco-amarillentas, rojo y púrpura, con estratificación cruzada; además contiene lentes discontinuos de arcilla fina arenosa y lentes de limolita. La Formación Mesa generalmente suprayace concordante y transicionalmente a la Formación Las Piedras.

##### ✓ Formación Las Piedras

La unidad consiste principalmente de sedimentos finos, mal consolidados, que incluyen areniscas y limolitas más o menos carbonáceas, lutitas arcillosas, arcillitas abigarradas y lignitos. El predominio relativo de uno u otro tipo es muy variable, tanto lateral como verticalmente. Las discordancias intraformacionales son localmente conspicuas, pero en general de extensión limitada. La Formación es concordante por encima de la formación Freites.

##### ✓ Formación Freites

Esta formación está compuesta por lutitas fósiles verdes a gris verdoso, con areniscas en el tope y la base, que permiten la subdivisión de la unidad en tres intervalos: un intervalo superior de unos 100 m, con capas delgadas de areniscas arcillosas de grano fino, de color blanco verdoso, algo glauconíticas y muy persistentes lateralmente. Un intervalo predominantemente lutítico, y un intervalo inferior de aproximadamente 100 m de lutitas intercaladas con areniscas verde-amarillentas, de grano medio a grueso, glauconíticas, calcáreas o sideríticas y muy fosilíferas.

✓ Formación Oficina

Litología: Hedberg describe la Formación Oficina como "una alternancia de lutitas grises, gris oscuro y gris marrón, intercaladas e interestratificadas con areniscas y limolitas de color claro y grano fino a grueso.

Contactos: En el área de interés la Formación Oficina presenta un contacto inferior discordante sobre el Grupo Temblador. El contacto superior de la Formación Oficina con la Formación Freites, ha sido definido como concordante, por la mayoría de los autores.

Paleoambientes: fluvial a fluvio-deltáico.

La Formación Oficina en el Campo Morichal suprayace discordantemente a sedimentos preterciarios posiblemente correspondientes al Grupo Temblador y este sobre el basamento ígneo-metamórfico. En el subsuelo del Campo Morichal, no se ha validado la existencia del Grupo Temblador (Cretácico), por lo que PDVSA se recomienda verificar con muestras de roca (núcleos o muestras de pared).

En orden Cronológico la Formación Oficina está diferenciada en sus cuatro (4) Miembros:

**(a)** Miembro Morichal: Constituido por areniscas basales, cuarzosas, de color marrón, subangulares de grano medio de ambiente fluvial a fluvio-deltáico, y con un espesor promedio de 563 pies.

**(b)** Miembro Yabo: Lutita de carácter marino (somero), constituye un buen marcador estratigráfico regional. Espesor promedio de 46 pies. Se puede interpretar como una posible Superficie de Máxima Inundación (M.F.S).

**(c)** Miembro Jobo: Constituido por arenas de carácter fluvio-deltáico, cuya sedimentación se inicia luego de la transgresión marina del Miembro Yabo y termina con el inicio de otra transgresión marina, esta vez muy lenta, que origina los sedimentos del Miembro Pilón. Presenta un espesor promedio de 220 pies.

(d) Miembro Pilón: es esencialmente lutítico y representa el paso transicional de la Formación Oficina a la Formación Freites. Tiene espesor promedio de 109 pies.

#### III.4.3.1.2. Columna Estratigráfica del Yacimiento OFIM CNX 5

Se utilizó el registro del pozo exploratorio CNX0005 (Ver Figura III. 7.), perforado en noviembre del año 1977, para establecer la columna estratigráfica tipo del área en estudio por presentar excelente correlación en el desarrollo de todas sus arenas, hasta llegar a basamento. Se determinaron seis (06) unidades litoestratigráficas presentes en el miembro Morichal de la Formación Oficina, las cuales en orden descendente van desde la O-11 hasta la O-16, de acuerdo al criterio de nomenclatura para las unidades del Miembro Morichal utilizadas en el Campo Cerro Negro.

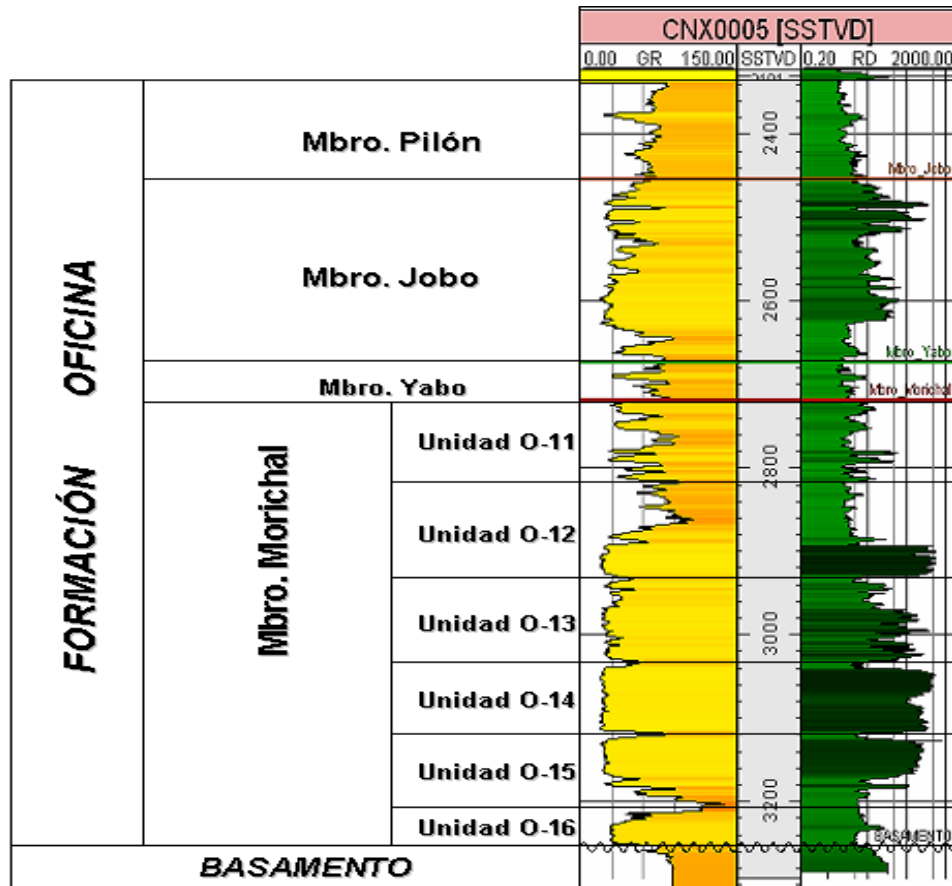


Figura III. 7. Columna estratigráfica Tipo del Campo Cerro Negro, Pozo CNX0005 <sup>[31]</sup>

### III.4.3.1.3. Sección Estratigráfica

La Figura III. 8. corresponde a una sección estratigráfica (colgada en el tope del Miembro Morichal) en dirección oeste-este entre los pozos CN 0117, CNX0005, CN 0096, CN 0197, MOR0029, vecino a estos se propone perforar cinco pozos estratigráficos, perteneciente al plan de captura de información del Distrito Morichal. Las unidades productoras O-13, O-14 y O-15 del Miembro Morichal son el principal objetivo de muestreo, se puede observar la existencia de al menos dos horizontes prospectivos a lo largo de la columna estratigráfica atravesada por los pozos mostrados, principalmente hacia el extremo NE.

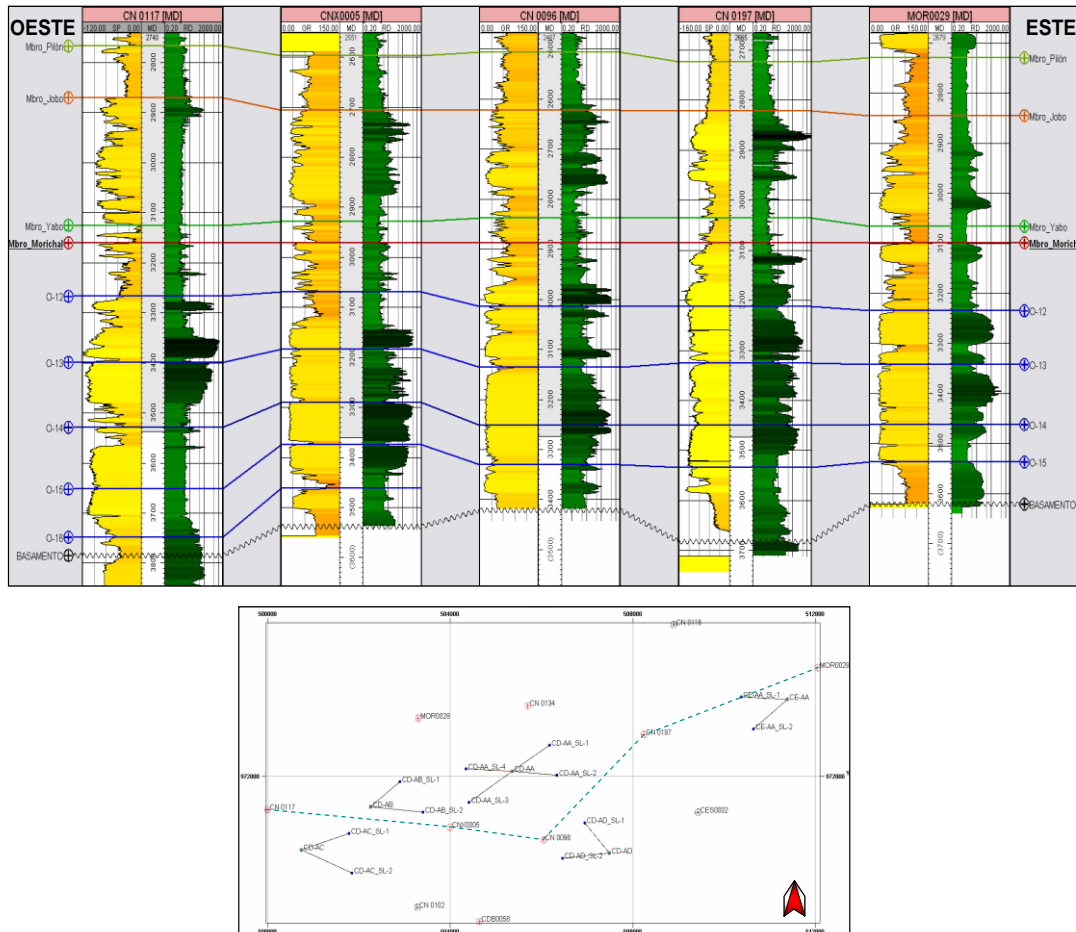


Figura III. 8. Sección estratigráfica entre los pozos: CN 0117, CNX0005, CN 0096, CN 0197, MOR0029 <sup>[31]</sup>

### III.4.3.2. Soporte Estructural

#### III.4.3.2.1. Estructura

La estructura local se define como un Homoclinal fallado en dirección este-oeste, presentando el bloque el deprimido al sur, el buzamiento regional es de 3°-5° N. La mayoría de estas fallas son de alto ángulo, sobre los 65° y los desplazamientos varían entre 50 y 200 pies verticalmente. Cabe destacar que algunas fallas mayores (EW) tienen expresión en la superficie. Todas las fallas son normales, y de gran extensión (sobre los 15 km.), esta información es soportada por la interpretación sísmica 3D existente en el área y por la continuidad de la tendencia estructural dada por la interpretación de la sísmica 3D del Campo Jobo, y la sísmica 3D adquirida en el Campo Morichal.

En el área del Yacimiento OFIM CNX 5, el patrón estructural corresponde a sistema suave, con predominio de un monoclinas de rumbo este-oeste, con buzamiento hacia el norte, y NE, cortado por fallas normales de rumbo este-oeste principalmente, con la presencia de algunas fallas en dirección NE-SE. Las fallas interpretadas corresponden a fallas de tipo normal, con desplazamiento entre 40 y 200 pies.

El Yacimiento OFIM CNX 5 limita al norte con una falla de rumbo SO-NE de buzamiento Sur de 40 a 100 pies de salto, que lo separa del Yacimiento OFIM CN 130, nuevo yacimiento, al Sur por una falla de dirección este-oeste con salto de +/- 100 pies que lo separa del Yacimiento OFIM CNX 24, en el flanco este está delimitado por un límite de asignación con la operadora Petrosinovensa y el bloque Carabobo 4, mientras que hacia el oeste limita con la operadora Petromonagas. En la Figura III. 9., se muestra el mapa isópaco-estructural para el área del yacimiento en estudio.

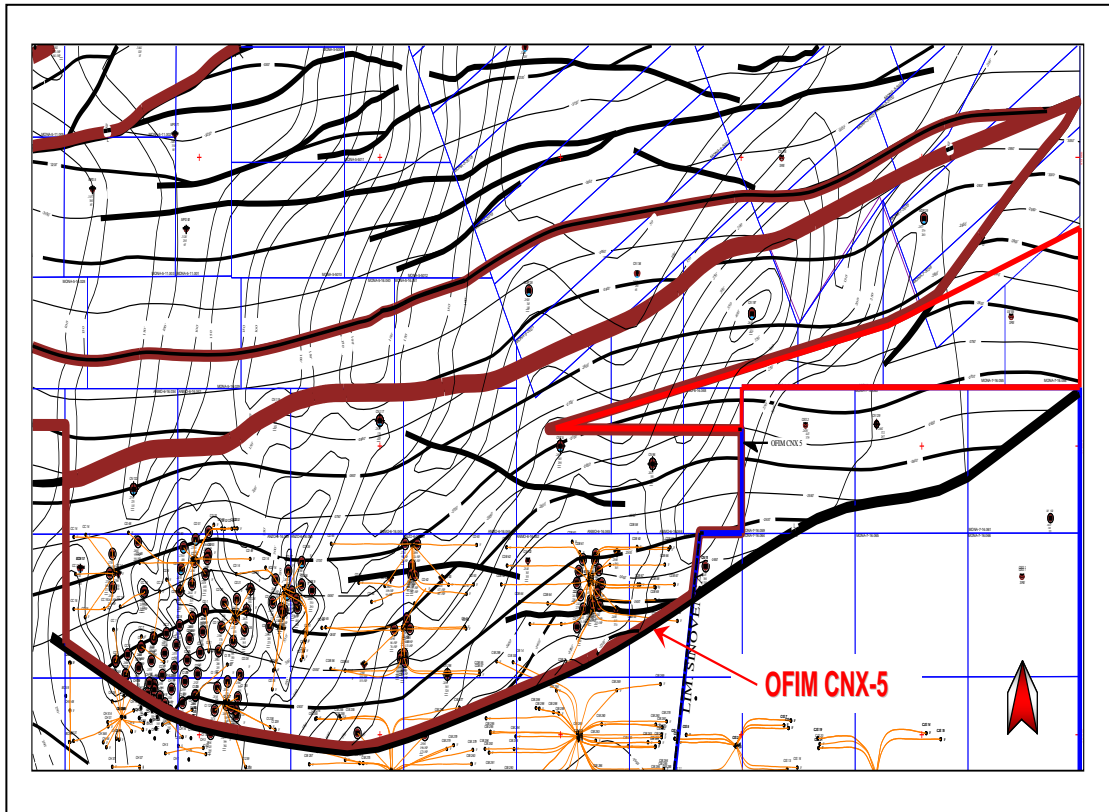


Figura III. 9. Mapa isópaco-estructural Yacimiento OFIM CNX 5 <sup>[31]</sup>

## **CAPÍTULO IV**

### **MARCO METODOLÓGICO**

En el presente capítulo se dará a conocer de forma detallada el proceso de concepción de todo el Trabajo Especial de Grado, así como también se describirá la metodología necesaria para la realización de cada uno de los objetivos planteados, a través de la explicación de los procedimientos y herramientas utilizadas.

La investigación corresponde al método científico, el cual es definido por Hungler (2000) como un conjunto general de procedimientos ordenados y disciplinados que se utilizan para adquirir información. A su vez, se dice que el método científico posee una concepción global positivista, hipotético-deductiva, particularista, objetiva, orientada a los resultados propios de las ciencias naturales. Este estudio se considera cuantitativo, debido a que el investigador parte de la definición de una situación motivado por el interés sobre una incertidumbre existente, utilizando luego una serie de pasos para llegar a una posible solución de la duda planteada.

Primeramente se estableció un método sistemático para llevar a cabo el trabajo, en donde como consecuencia, se fijaron algunas etapas que consistieron en ejecutar de manera metódica una serie de procedimientos, que permitieran alcanzar los objetivos trazados en el proyecto. Estas etapas se muestran de forma resumida en la siguiente figura:

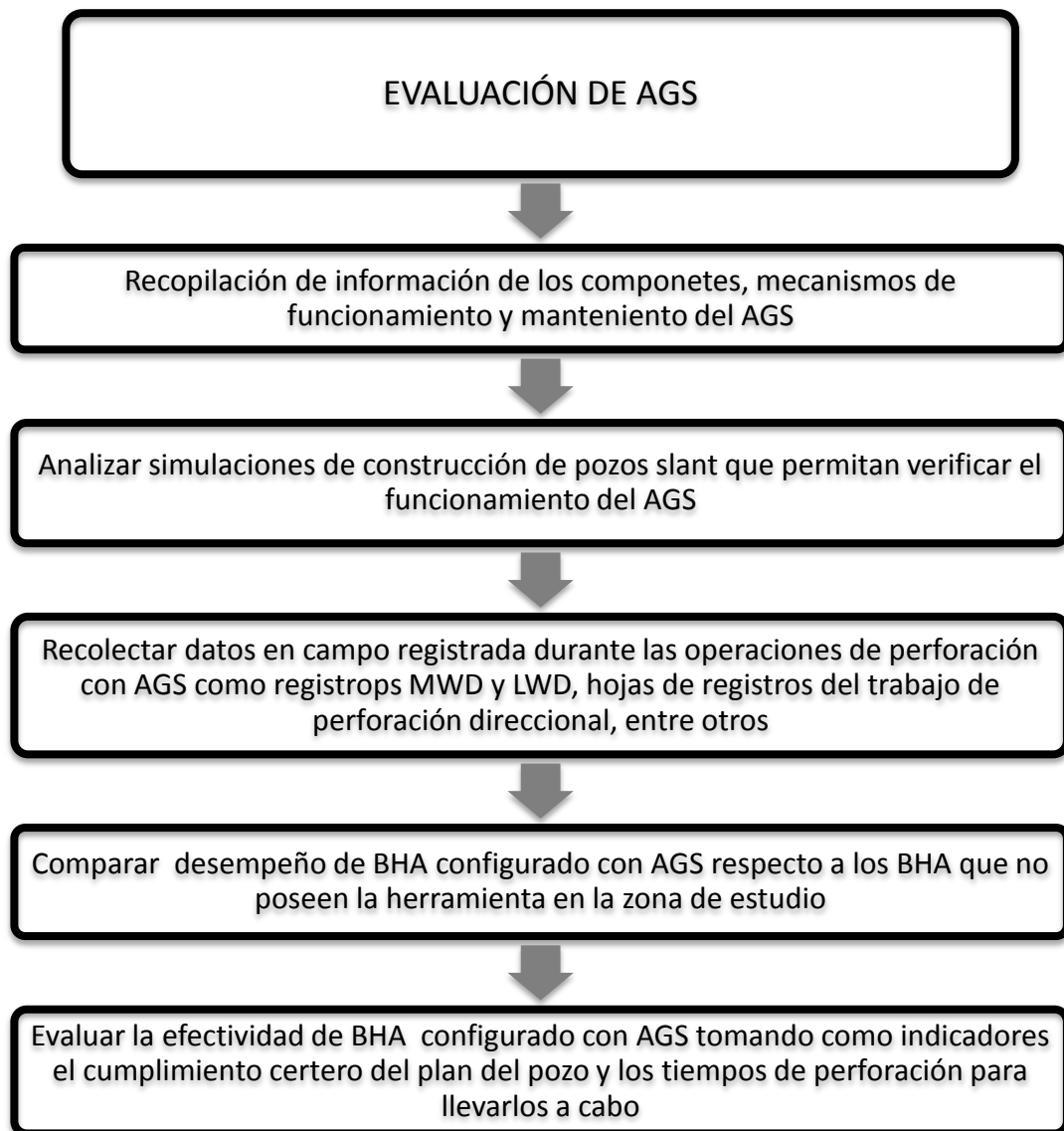


Figura IV. 1. Evaluación AGS

#### IV.1. NIVEL DE LA INVESTIGACIÓN

El nivel de la investigación consta de la estructura fundamental y específica de la naturaleza global del trabajo, ya que como lo afirma Arias (1999), se refiere al grado de profundidad con que se aborda un objeto o fenómeno. De esta forma, esta investigación adquiere un nivel descriptivo, el cual según Sabino (2000) consiste en medir en un grupo de personas u objetos una o, generalmente, más variables y



proporcionar su descripción y que tiene como objetivo indagar la incidencia y los valores en que se manifiestan una o más variables. Este proyecto pretende lograr el registro y análisis de las condiciones a las cuales opera el estabilizador de calibre ajustable, lo cual implica comparaciones y/o contrastes los cuales pueden intentar describir relaciones, causas, efectos, presentes entre las variables y/o parámetros involucrados en la evaluación de la herramienta AGS. De allí también, su carácter de investigación no experimental. Asimismo, según los objetivos de la investigación, es descriptiva, puesto que, tal como lo expone Arias, esta es una caracterización de un hecho, fenómeno o grupo con el fin de establecer una estructura o comportamiento.

Debido a que esta herramienta no se ha implementado aún en el país, requiere de la exploración de las variables respecto a su funcionamiento, para así lograr una descripción detallada de sus posibles formas operacionales en el campo de trabajo. De lo antes enunciado se desprende como consecuencia que esta investigación pueda ostentar carácter exploratorio; existen diversos estudios que abarcan el análisis del uso de estabilizadores pero no de estabilizadores de calibres ajustables, aun menos la implementación de estos en la Faja Petrolífera del Orinoco. De forma que se presenta un escenario que Arias describe como una indagación que se efectúa sobre un tema u objeto poco conocido o estudiado, por lo que sus resultados constituyen una visión aproximada de dicho objeto, al cual llama: investigación exploratoria.

#### **IV.2. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN**

En el año 2003, en su publicación Manual de Trabajos de Grado, la Universidad Experimental Libertador expone que los trabajos de grado pueden ser concebidos dentro de modalidades generales de estudios de investigación que se justifiquen por los avances del conocimiento y la práctica de la investigación. En ese sentido, esta investigación queda enmarcada dentro de un estudio de campo, esto es, el análisis

sistemático de problemas de la realidad con el propósito de describirlo, interpretarlo, entender su naturaleza y factores constituyentes, explicar sus causas y efectos o predecir su ocurrencia, haciendo uso de métodos característicos de los paradigmas o enfoques de investigación conocidos en desarrollo. Los datos son recogidos en forma directa de la realidad; de modo que se trata de investigaciones a partir de los datos originales o primarios.

Se decide adoptar esta estrategia para responder al problema planteado dado que se planea obtener datos directamente de la realidad, sin manipular o controlar variable alguna, es así como en este proyecto se aplica análisis de información basado en hechos reales, con el fin de llevar a cabo la interpretación de cada una de las respuestas del AGS a partir de los datos obtenidos por la corrida de dicha herramienta mientras se construyen hoyos con tecnología de perforación direccional, implementando herramientas MWD y LWD en el área de estudio, la Faja Petrolífera del Orinoco.

#### **IV.4. POBLACIÓN Y MUESTRA**

En esta parte se definen las unidades de estudio con las que se trabajarán, las cuales se refieren al contexto, ser o entidad poseedoras de las características, evento, cualidad o variable, que se desea estudiar.

Hurtado (2000) describe a la población de una investigación de la siguiente manera: "Es aquella que está constituida por el conjunto de seres en los cuales se va a estudiar la variable o evento, y que además comparten, como características comunes, los criterios de inclusión". Entendiendo como criterios de inclusión las características compartidas por los integrantes de una población.

En lo que al actual proyecto respecta la población está constituida por todos los hoyos tipo *slant* que son perforados con tecnología direccional de la compañía *Weatherford Latin America S.A.* en la Faja Petrolífera del Orinoco.

De todo este universo poblacional fueron seleccionados para el análisis en mayor detalle los hoyos tipo *slant* que durante su construcción tenían como parte de su ensamblaje de fondo, la herramienta en proceso de evaluación, AGS; y, hoyos que fueran construidos en el mismo pozo donde se construyó un hoyo vecino con AGS. Este grupo comprende la muestra del trabajo, lo cual se ajusta a lo que Arias define como subconjunto representativo de un universo o población.

En el mismo orden de ideas, el muestreo no probabilístico de acuerdo con Arias es un procedimiento de selección en el que se desconoce la probabilidad que tienen los elementos de la población para integrar la muestra. Asimismo, en conformidad con lo expuesto por Arias, el muestreo corresponde a lo que él clasifica como un muestreo no probabilístico intencional u opinático, dado que la selección de los elementos, es decir los hoyos construidos con AGS y vecinos a estos, está dada por los criterios o juicios del investigador.

#### **IV.5. COMPONENTES, FUNCIONES Y MECANISMOS DE OPERACIÓN DE LA HERRAMIENTA AGS**

Para completar esta parte del trabajo de investigación inicialmente se hizo una revisión exhaustiva de la bibliografía que maneja la compañía *Weatherford Drilling Services* correspondiente al estabilizador de calibre ajustable y todo lo asociado a este. De esta forma se obtuvieron las ideas iniciales de cómo funciona, así como también de sus instrucciones operativas, los procesos de su mantenimiento, y se conocieron detalles técnicos de la herramienta como datos dimensionales y parámetros operativos.

Como parte del estudio de los componentes y funcionamiento del AGS se observó todo lo involucrado al proceso de ensamble y desmontaje de dicho estabilizador. Para esto se contó con asistencia técnica de primera. Personal experimentado dictó curso del manejo correcto, previo y post trabajo de campo para esta herramienta, a

técnicos de *Down Hole Motors* de *Weatherford Drilling Services*, encargados de su mantenimiento en Venezuela. Durante este proceso se pudo notar a detalle cada uno de los elementos que constituyen los mecanismos de trabajo del estabilizador. El mencionado curso tuvo una duración de 40 horas de adiestramiento teórico/práctico en el cual se hizo mantenimiento a un *StableLine*<sup>TM</sup> AGS ajustable a 8 ½".

Finalmente, para llevar a cabo este objetivo se presencié el trabajo del AGS en campo durante la perforación de hoyos *slant* con el taladro PTX-5810 para constatar su funcionamiento en zonas de la Faja Petrolífera del Orinoco.

#### **IV.6. GEOLOGÍA DE LA ZONA EN ESTUDIO CON AGS**

En ésta etapa se recopilan, clasifican y validan todos los datos sobre el área en estudio. Consistió en revisar información geológica de trabajos anteriores realizados sobre la Faja Petrolífera del Orinoco de manera detallada; en trabajos de grado, informes de avance, bibliografía de geología general, ambientes sedimentarios, geología estructural, planificación de proyectos y toda la información referente a los yacimientos en estudio. Asimismo, se discriminó la información encontrada con el fin de ser desarrollada de manera específica en el área Intercampos del campo Cerro Negro, donde se realizan las corridas de interés del trabajo con AGS.

Se realizó una revisión bibliográfica en las instalaciones de las bibliotecas de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Central de Venezuela y de la Universidad de Oriente Núcleo Anzoátegui; así como también en las instalaciones de PDVSA Morichal; además de contar con la valiosa información aportada por ingenieros geólogos operadores de campo en los lugares de perforación de los pozos en estudio. Esta etapa tiene gran relevancia en el trabajo porque permite afianzar los conocimientos referentes a la geología del área investigada y facilita la investigación planteada.

PDVSA Morichal aportó información geológica de primera de mano en el Plan de Captura de Información de un pozo estratigráfico y hoyos *slant*, Localización CD-AC en el área Intercampos Cerro Negro – Morichal, Distrito Morichal. El cual es propuesto por el Distrito Morichal a través de la Gerencia de Yacimientos y Planes de Explotación perteneciente a la Gerencia de Estudios Integrados de Yacimientos, con la finalidad de caracterizar los yacimientos y áreas de expansión, y así poder optimizar los planes y esquemas de explotación de las reservas remanentes, ubicadas en los campos asignados al Distrito.

#### **IV.7. RECOPIACIÓN DE PARÁMETROS DE OPERACIÓN DURANTE LA CONSTRUCCIÓN DE POZOS TIPO *SLANT* DE LA FAJA PETROLÍFERA DEL ORINOCO**

La revisión del trabajo de ingeniería de perforación realizado por PDVSA Morichal también se realizó en esta fase. Se contó con el Programa de Perforación establecido por la operadora nacional, el cual fue el punto de partida para establecer la planificación de las trayectorias de los pozos (*well planing*) y lo parámetros direccionales con los cuales debían construirse dichos hoyos. Este proceso estuvo a cargo del equipo de departamento de *Well Planner* (Planificación de Pozos) de *Weatherford* en conjunto con el equipo de Geología de PDVSA Morichal.

Para llevar a cabo esta etapa se decidieron realizar experiencias en campo, es decir, se hizo presencia durante la perforación de los hoyos *slant* que intervienen en el estudio, CDM0001E-1 y CDM0002E-2, en la localización CD-AC del área Intercampos en el campo Cerro Negro, asignada a la Gerencia de Ingeniería de Perforación y Rehabilitación de pozos de la División Carabobo - Distrito Morichal. Como se sabe para el buen funcionamiento de los trabajos en el taladro se requiere de un continuo monitoreo que certifique que se está perforando con los parámetros establecidos el pozo, por lo que varias son las fuentes que aportan diferentes datos en el taladro. Para un trabajo complejo como la perforación de un pozo es necesario vigilar y recopilar todas las variables involucradas para permitir controlar todas las

operaciones que se están ejecutando. Desde el 20 de noviembre hasta el 8 de diciembre del año 2012 se produjo el proceso de recolección de datos en campo, en todos los ámbitos que concurren entorno al trabajo de perforación. De esta manera, se observó detenidamente y recolectó información en el taladro, proveniente de la cabina de *mud logging*, la cabina del ingeniero del pozo y de la consola del perforador. Asimismo, también se hizo un análisis de los parámetros medidos por el equipo de perforación direccional de *Weatherford Drilling Services* en la localización CD-AC. Seguidamente, se procedió a hacer un descarte de los datos que no fueran imperativos en el estudio. Finalmente, haciendo un contraste de las distintas fuentes de datos, se pudo constatar que para el análisis del uso de *StableLine™* AGS era suficiente la información expuesta en el *slide sheet* manejado por el equipo direccional en campo, ya que sintetiza toda la información proveniente de las fuentes ya nombradas, así como también, completa los datos para el análisis posterior de la herramienta. En ese mismo orden de ideas, los registros *gamma ray*, de resistividad y registros de ROP, presión, peso sobre la mecha, entre otros, tomados por el equipo MWD y LWD de *Weatherford* también fueron considerados de relevancia para concretar el presente trabajo de investigación.

Uno de elementos más importantes del equipo de un perforador direccional es la hoja de presentación de su trabajo, la *Slide Sheet*. La *Slide Sheet* proporciona un registro por escrito de toda la orientación del agujero, permite al perforador direccional proyectar con precisión a la mecha a través de cálculos matemáticos; así como también permite, según se requiera, hacer una revisión del trabajo realizado en determinado pozo cuando este se haya terminado.

Como parte del trabajo del equipo direccional en la construcción de pozos *Weatherford Drilling Services* ha establecido un formato de hoja de trabajo (*slide sheet*) que debe ser llenado por los ingenieros operadores de campo con la finalidad de llevar un registro de la operación realizada. Básicamente, este trabajo permite

hacer un análisis del desempeño tanto del personal como de las herramientas usadas.

En la figura IV.2. se muestra un ejemplo de esta hoja, así como también se pueden observar los principales parámetros que se toman durante la perforación. Una *Slide Sheet* es usada para un mismo grupo de herramientas con el que se construye un hoyo determinando; si una herramienta del ensamblaje de fondo fuera cambiada, una nueva hoja de trabajo deberá ser llenada para llevar el registro del trabajo realizado.

SEGUIMIENTO A LA PERFORACION PARA CADA SARTA DE FONDO																											
L3-DES-VE-OPE-F0016 Emisión A1																											
COMPANIA DIRECCIONAL:		WEATHERFORD		POZO #:		CDM0002E2		MOTOR TIPO:		FRONTLINE		ESPACIAMIENTO SENSORES:		82.42		HORAS TOTALES											
COMPANIA OPERADORA:		POVSA		BHA #:		2		SERIAL NUMERO:		675-3178				28.20		HORAS DE PERFORACION											
LOCALIDAD O ESTADO:		MORCHALMONAGAS		TAMANO HOYO:		8 1/2		BEND SETTING:		1.5		SURVEY (pies):		84.81		2897		TOTAL PIES PERFORADOS									
OPERADORES DE PERFORACION DIRECCIONAL:		CARLOS ALBERTO GARCIA		LONGITUD BHA:		205.18		CONF. ESTATOR:		677		HORAS DE ROTACION:		16.15		1682		TOTAL PIES ROTADOS									
		FACUNDO GUERRA		IAM. REV. (pulg.):		12.114"		RANGO DE FLUJO:		300 - 600 GPM		HORAS EN SLIDE:		12.05		1985		TOTAL PIES DESLIZADOS									
		GABRIEL URDANETA		ZAPATA @ (pies):		1676		REV/JAL.:		0.29		ROP SLIDE PROM. (pph):		90.87		59.4		% DE ROTACION									
								ESTABILIZADO:		CAMISA STB 8 3/8"		ROP ROT. PROM. (pph):		99.20		40.6		% DE DESLIZAMIENTO									
OPERADORES MWD:		GUILLERMO CANAS		DIAM. DP's/HW's:		9"		TOOL FACE OFF:		50.39		DATE IN:		29/11/2012 13:45		95.6		ROP PROMEDIO (PPH)									
		DANIELA JIMENEZ		TFA:		0.746		DECLIN. MAG.:		-13.83		DATE OUT:		03/12/2012 02:00		84.25		TOTAL HORAS B.M.R.									
		LUIS MACHADO		Jets's:		3 X 18		CONVERGENCIA:		0																	
		EDUARDO RUIZ																									
FECHA	HORA INICIO	HORA FIN	MOD OR	MOD DESDE	MOD HASTA	PIES TOTAL	MD (PIES SURVEY)	INC. (%)	AZI. (%)	DLS	PIES SLIDE VISTO	WOB KLS	RPM ROT.	RPM MDF	EL T. (KLB/F)	GPM	P.P. (PSI)	PIES ROT.	PIES SLIDE	ROP (PPH)	TDPS (HRS)	TDPR (HRS)	TDC (HRS)	TTDP (HRS)	TTDC (HRS)	COMENTARIOS	
29-nov-12	13:45	14:05	BHA	1861	1861																						
	14:05	14:30	BHA	1861	1861																						ARMO MOTOR Y MECCHA
	14:30	14:40	BHA	1861	1861																						ARMO HEL, MFR
	14:40	15:30	BHA	1861	1861																						MIDIO TFO (50.39)
	15:30	17:30	T	1861	1861																						PROGRAMO HERRAMIENTA
	17:30	18:30	C	1861	1861																						ESPERO FORMULAR LODO
	18:30	00:00	V	1861	1861								116		400	400							1.00		1.00		PROBO HERRAMIENTAS MWD Y MOTOR
30-nov-12	01:20	01:25	C	1861	1861																						CONECTO PARA CHEQUEAR APOYO
	01:25	01:45	V	1861	1861								87		300	400							0.08		0.08		REPASO 1 TUBO CON ROTARIA
	01:45	02:45	C	1861	1861									58		200	320						1.00		1.00		TOCO CEMENTO BLANDO A 1817FT
	02:45	03:00	V	1861	1861																						IMPLO CEMENTO DESDE 1851' HASTA 1861'
	03:00	08:00	C	1861	1861								102		350	450							5.00		5.00		LEVANTO HASTA LA ZAPATA
	08:00	08:15	V	1861	1861																						DESPLAZO Y HOMOGENIZO
	08:15	08:20	O	1861	1871	10	160M					2	125		430	800			10	120	0.08			0.08	0.08		
	08:20	08:25	O	1871	1881	10	140M					2	125		430	800			10	120	0.08			0.08	0.08		
	08:25	08:35	O	1881	1901	20	120M	1889	4.05	72.41	1.72	28	3	125		430	800		20	120	0.17			0.17	0.17		
	08:35	08:45	O	1901	1922	21	90M					4	125		430	800			21	126	0.17			0.17	0.17		
	08:45	09:12	C	1922	1922																						Conecta HWDP para emparejar tally
	09:12	09:42	T	1922	1922																		0.45		0.45		
	09:42	09:50	R	1922	1937	15						6	45	125		430	800		15	112		0.13		0.13	0.13		
	09:50	10:00	O	1937	1956	19	30R					5	125		430	800			19	114	0.17			0.17	0.17		
	10:00	10:10	C	1956	1956																				0.17	0.17	
	10:10	10:20	T	1956	1956																						

Figura IV. 2. Slide Sheet usado en el pozo CDM0002E 2 [Archivos Weatherford]

En la parte superior de la *Slide Sheet* se observan datos generales de cada corrida para un hoyo determinado con las mismas herramientas usadas. Información acerca del grupo de ingenieros que realiza la construcción del hoyo, del último revestidor asentado, especificaciones técnicas del motor de fondo usado así como las horas totales en rotación, horas en deslizamientos, pies perforados y pies deslizados, están expuestas allí.

La siguiente es una explicación acerca de cuáles y como se disponen los parámetros que se registran en una *Slide Sheet*. Toda la información para el pozo que debe ser recolectada por los operadores direccionales se enumera a continuación. Se han identificado en la tabla IV.1. las columnas y/o celdas con el fin de ayudar en las descripciones. Cada celda del *slide sheet* se identificó con un número consecutivo seguido por la letra de la columna. A modo de ejemplo, la celda 1D representa la celda en la primera fila de la columna D. Para ayudar a describir cómo la *slide sheet* es llenada, cada fila se describirá de forma breve en orden secuencial.

Columna 1A: Fecha, se indica la fecha cuando se realiza el trabajo.

Columna 1B: Hora Inicio, se indica el momento del día donde inicia una operación determinada.

Columna 1C: Hora Fin, se indica el momento en el que finaliza la operación antes comenzada.

Columna 1D: Modo O/R, se indica el tipo de maniobra que se realiza con la sarta de perforación. Puede ser O: Orientar; R: Rotando; V: Viaje; BHA: armado de BHA; C: Circulando; y T: tiempo por trabajos en el taladro.

Columna 1E: MD (PIES) DESDE, se indica la profundidad medida a la cual se inicia una maniobra.



Tabla IV. 1. Parte de *Slide sheet* CDM0001E-1

FECHA	HORA INIC.	HORA FIN	MODO O/R	MD DESDE (PIES)	MD HASTA (PIES)	PIES TOTAL	TFO	MD SURVEY (PIES)	INC. (°)	AZI. (°)	DLS	PIES SLIDE VISTO	WOB (KLBS)	RPM ROT	RPM MDF	GPM	P.P. (PSI)	PIES ROT.	PIES SLIDE	ROP (PPH)	TDPS (HRS)	TDPR (HRS)	TDC (HRS)	TTDP (HRS)	TTDC (HRS)		
20-nov-12	11:30	12:00	BHA	1680	1680			ARMO BHA DIRECCIONAL (BIT+MDF)																			
	12:00	12:45	T	1680	1680			ROMPIO MANGUERA DE TOP DRIVE																			
	12:45	14:15	T	1680	1680			CONECTO Y PROBO AGS							116	400	450 800										
	14:15	14:34	BHA	1680	1680			CONECTO MFR																			
	14:34	14:47	BHA	1680	1680			CONECTO HEL																			
	14:47	14:57	BHA	1680	1680			TOMO TFO=163.75 (C=543; A=247)																			
	16:25	16:53	BHA	1680	1680			CONECTO MONEL																			
	16:53	17:50	BHA	1680	1680			CONECTO HWDP																			
	17:50	18:07	T	1680	1680			PRUEBA DE SUPERFICIE							116	400	500										
	18:07	18:19	T	1680	1680			PROBLEMA CON EL TOP DRIVE																			
	18:27	21:35	T	1680	1680			PROBLEMA CON EL TOP DRIVE																			
	21:38	21:48	T	1680	1680			CALIBRACION DE TOP DRIVE																			
	21:56	22:00	T	1680	1680			TERMINO PRUEBA DE SUPERFICIE							116	400	500										
	22:00	23:05	T	1680	1680			CONECTO MARTILLO CALIBRO ALTURA TD																			
	23:25	00:00	V	1680	1680			VIAJE HASTA ZAPATA 1676'																			
A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	Ñ	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y		

Figura IV.1. Parte de Slide sheet CDM0001E-1 (continuación)

FECHA	HORA INIC.	HORA FIN	MODO O/R	MD DESDE (PIES)	MD HASTA (PIES)	PIES TOTAL	TFO	MD SURVEY (PIES)	INC. (°)	AZI. (°)	DLS	PIES SLIDE VISTO	WOB (KLBS)	RPM ROT	RPM MDF	GPM	P.P. (PSI)	PIES ROT.	PIES SLIDE	ROP (PPH)	TDPS (HRS)	TDPR (HRS)	TDC (HRS)	TTDP (HRS)	TTDC (HRS)			
<b>21-nov-12</b>		00:15	V	1680	1680			<b>VIAJE HASTA ZAPATA 1676'</b>																				
	00:15	01:20	T	1680	1680			<b>REPARANDO BRAZOS DEL TOP DRIVE</b>																				
	01:20	01:30	V	1680	1680			<b>VIAJE HASTA ZAPATA 1676'</b>																				
	04:45	08:00	T	1680	1680			<b>PROBLEMAS CON EL TOP DRIVE</b>																				
	08:00	08:55	V	1680	1680			<b>TOCA CTO EN 1624</b>																				
	08:55	09:45	C	1680	1680			<b>ROTA CON 350 GPM Y 7 KLBS PESO</b>							102	350	700								0.83		0.83	
	09:45	11:35	C	1680	1680			<b>ROTA CTO 350 GPM Y 3-5 KLBS PESO</b>							102	350	700									1.83		1.83
	16:00	16:11	T	1680	1680			<b>PROBLEMAS CON LA BOMBA 1</b>																				
	16:36	17:24	T	1680	1680			<b>PONIENDO ORING AL TOP DRIVE</b>																				
	17:48	19:00	C	1680	1680			<b>ROMPIENDO CEMENTO Y ZAPATA</b>							112	386	900									1.20		1.20
	19:00	19:45	R	1680	1722	42		<b>INICIA PERFORACIÓN</b>					3	30	125	430	570	42		56			0.75		0.75		0.75	
	19:45	19:55	C	1722	1722			1679	0.25	170	INTF	R			125	430	570								0.17		0.17	
	19:55	20:06	T	1722	1722			1710	0.28	72.52	0.02	R																
	20:06	20:38	R	1722	1753	31							3	40	125	430	1020	31		58			0.53		0.53		0.53	
	20:38	20:41	C	1753	1753																					0.05		0.05
<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>D</b>	<b>E</b>	<b>F</b>	<b>G</b>	<b>H</b>	<b>I</b>	<b>J</b>	<b>K</b>	<b>L</b>	<b>M</b>	<b>N</b>	<b>Ñ</b>	<b>O</b>	<b>P</b>	<b>Q</b>	<b>R</b>	<b>S</b>	<b>T</b>	<b>U</b>	<b>V</b>	<b>W</b>	<b>X</b>	<b>Y</b>			

Columna 1F: MD (PIES) HASTA, se indica la profundidad medida a la cual se finaliza la maniobra.

Columna 1G: PIES TOTAL, son los pies totales en los que se realizó la maniobra.

Columna 1H: TFO, indica el *Tool Face Offset* con el que se realizan las perforaciones.

Columna 1I: MD (PIES) *SURVEY*, se coloca el valor de profundidad medida suministrada por la herramienta MWD.

Columna 1J: INC (°), se coloca los grados de inclinación de la sarta de perforación dados por le herramienta MWD.

Columna 1K: AZI (°), se indica el ángulo acimutal de las herramientas direccionales dado por la herramienta MWD.

Columna 1L: DLS, se indica la severidad de la pata de perro alcanzada en ese tramo de operación.

Columna 1M: PIES *SLIDES* VISTO. Se colocan los pies deslizados que se observan en el momento después de hecha la operación.

Columna 1N: WOB (KLBS), se indica el peso sobre la mecha en kilo libras que se aplica en la maniobra realizada.

Columna 1Ñ: RPM ROT, se colocan las revoluciones por minuto de la mesa rotaria con la que se realizo la rotación.

Columna 1O: RPM MDF, se colocan las revoluciones por minutos que alcanza el motor de fondo mientras se perfora.

Columna 1P: GPM, corresponde al galonaje mientras se realiza determinada operación.

Columna 1Q: P.P. (PSI), corresponde al valor de presión suministrado por los sensores en las herramientas direcciones, que se obtiene mientras se perfora.

Columna 1R: PIES ROT, se deben indicar la cantidad de pies que rotaron durante la maniobra.

Columna 1S: PIES *SLIDES*, se indican los pies deslizados en la maniobra.

Columna 1T: ROP (PPH), es la tasa de penetración en pies por hora que se alcanzó.

Columna 1U: TDPS (HRS), tiempo de perforación deslizado.

Columna 1V: TDPR (HRS), tiempo de perforación rotado.

Columna 1W: TDC (HRS), tiempo en el que sólo se hizo circulación de lodo.

Columna 1X: TTDP (HRS), Total tiempo de perforación (tiempo de deslizamientos más tiempo donde se rotó).

Columna 1Y: TTDC (HRS), total tiempo de circulación de lodo (tiempo de deslizamientos más tiempo donde se rotó y se incluye el tiempo donde se circuló lodo solamente).

#### **IV.8 EVALUACIÓN DEL DISEÑO DE ENSAMBLAJES DE FONDO USADOS EN LA PERFORACIÓN DE POZOS TIPO *SLANT* EN LA FAJA PETROLÍFERA DEL ORINOCO A TRAVÉS DE SIMULADORES**

##### **IV.8.1 Evaluación de Torque y Arrastre en los hoyos *slant* de la locación CD-AC**

Para realizar la evaluación de torque y arrastres en los ensambles de fondo se utilizó la herramienta computacional DEPRO®. Los pasos a seguir se describen a continuación en las figuras de cada una de las ventanas de entrada de datos del simulador, donde además se resume la información necesaria para la adecuada evaluación de cada pozo.

En la ventana mostrada en la figura IV.3. se incluyó la información general del pozo como lo es el nombre del pozo, locación, ciudad, operador, comentarios, tipo de trabajo; así como también la fecha en que se elaboró la simulación y por quien fue preparada.

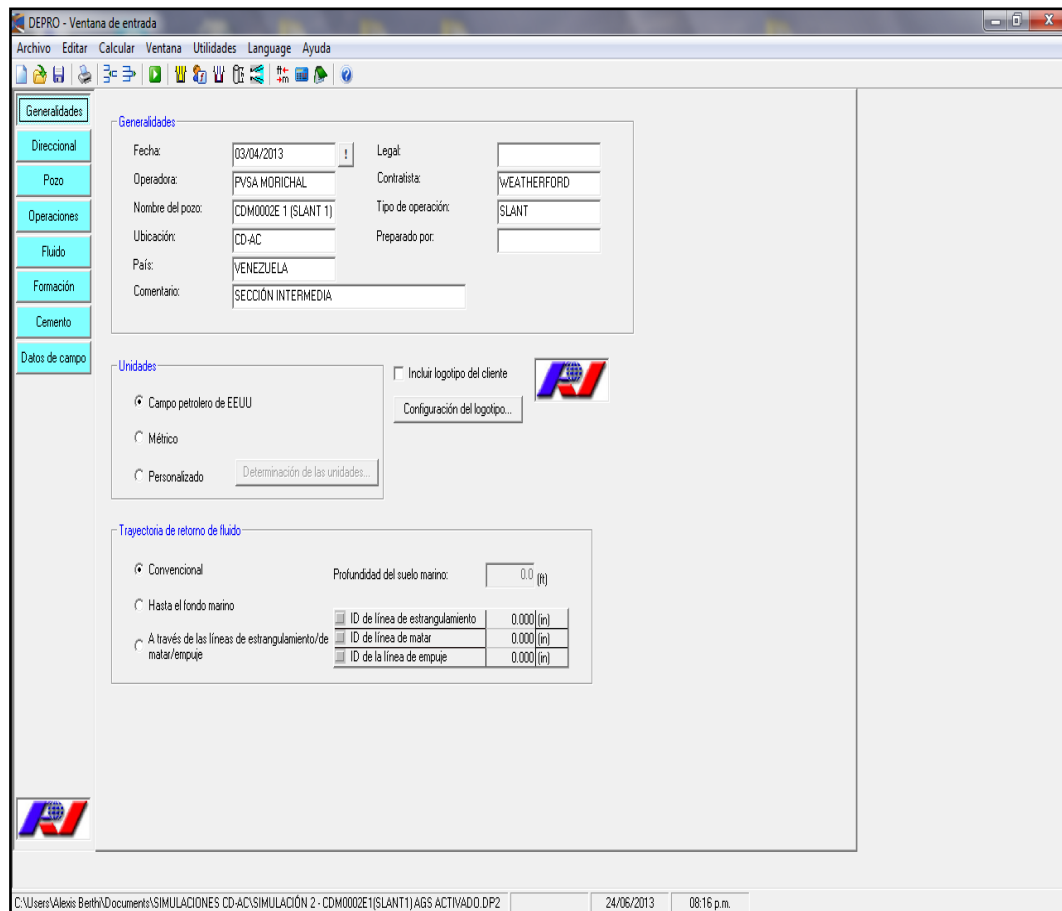


Figura IV. 3. Generalidades del pozo CDM0001E-1. [Simulador DEPRO®]

El siguiente paso fue incluir la trayectoria del pozo, en este caso la trayectoria real (*surveys*), lo cual está formado por la profundidad medida (MD), inclinación y azimut. La ventana se muestra en la figura IV.4.

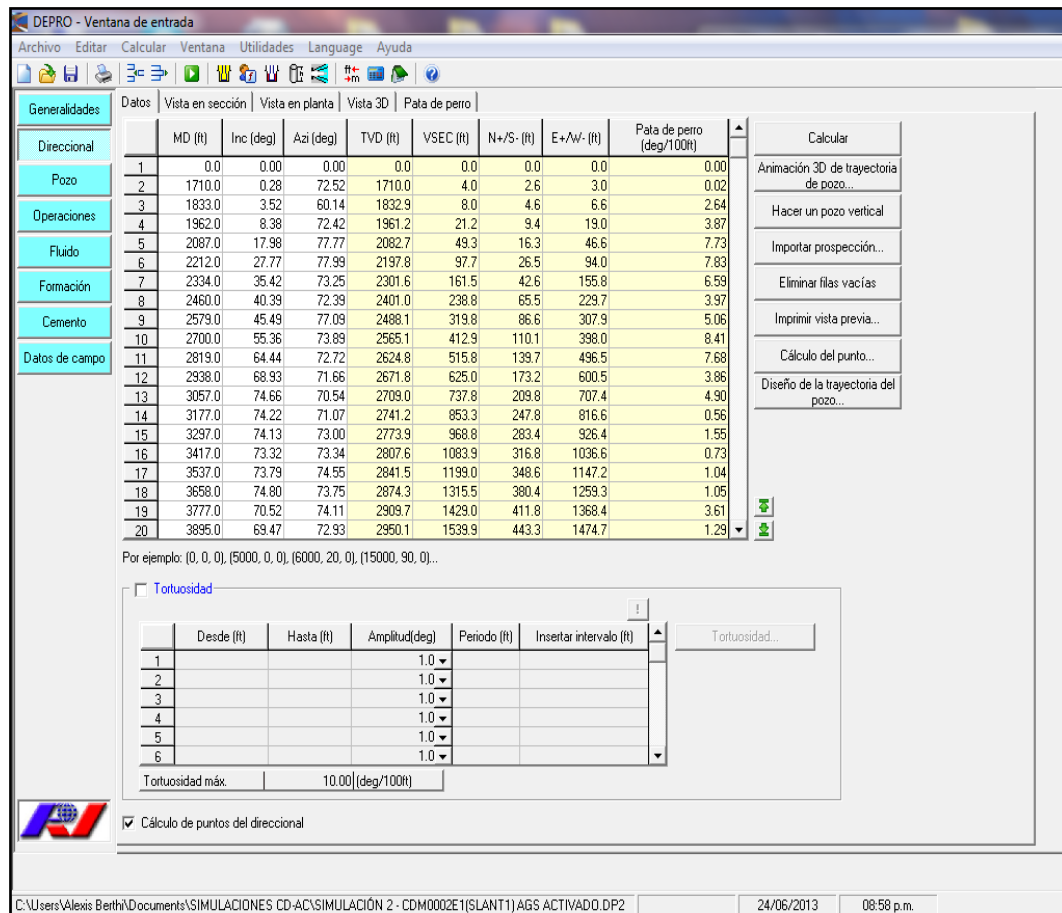


Figura IV. 4. Dirección del pozo CDM0001E-1 [Simulador DEPRO®]

En la figura IV.5. se muestra la ventana donde se suministra información al simulador como: intervalo del pozo a estudiar (ubicación del último revestidor asentado, intervalo del hoyo revestido y hoyo abierto), configuración y especificaciones técnicas de la herramientas que componen el ensamble de fondo. Así como también se incluye: longitud total del pozo, características de la mecha utilizada y profundidad de interés factor de seguridad de resistencia a la tensión. Esta ventana contiene una sección que permite escoger la tubería de un catalogo que suministra DEPRO®, las cuales son las más usadas por *Weatherford* en el mundo. No obstante, la herramienta *StableLine™* AGS no se incluye, debido a que es una herramienta nueva. Cuando esto sucede se adapta el simulador a las

características de la herramienta de forma de hacer la simulación los más cercana posible a la realidad.

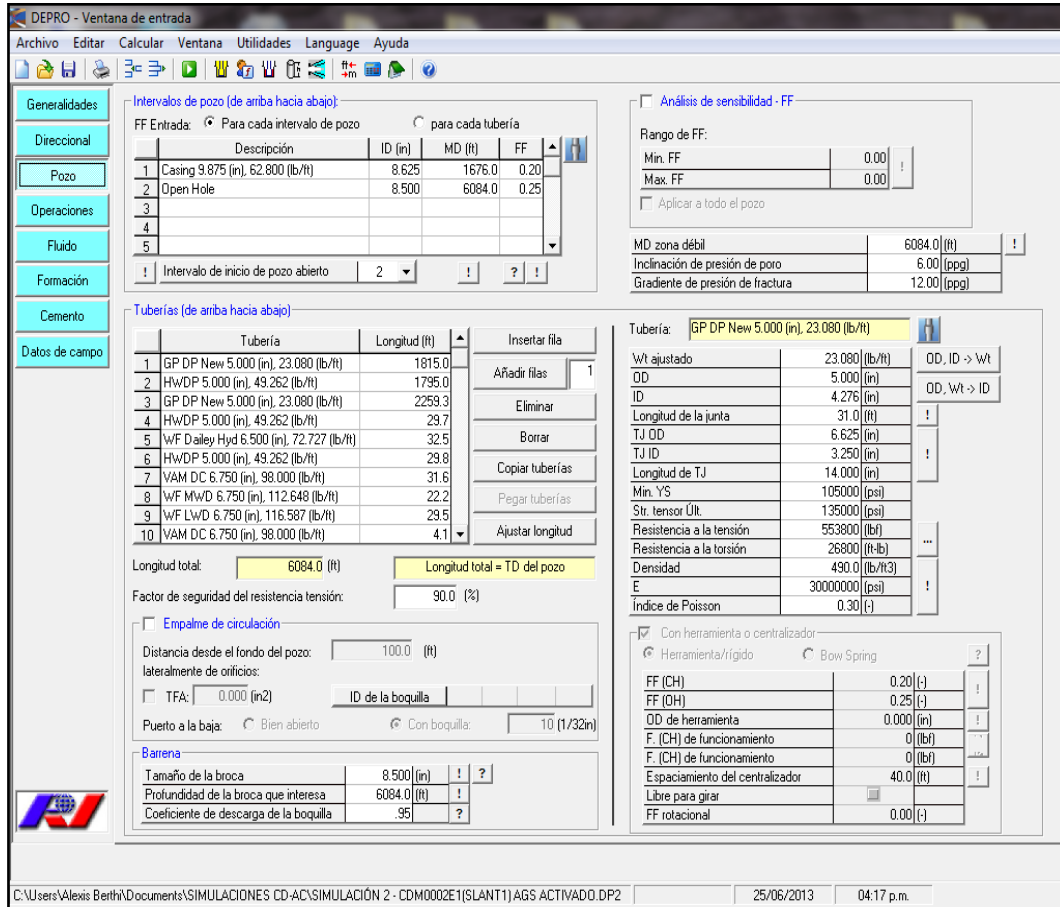


Figura IV. 5. Configuración de intervalo a simular, configuración de tuberías de ensamble de fondo y datos de la mecha utilizada en el hoyo CDM0001E-1 [Programa DEPRO®]

El siguiente paso consistió en seleccionar los tipos de operaciones a simular, como pueden ser: rotando en el fondo (*ROnB*), perforando con rotación (*Drill*), rotando fuera de fondo (*ROffB*), rotando hacia atrás (*Backream*) y deslizando (*Slide*); las operaciones a evaluar aparecen seleccionadas en la ventana de entrada de la figura IV.6.; también se seleccionaron las operaciones viajes de tubería hacia arriba (*Trip-out*) y hacia el fondo (*Trip-in*). Se especificaron los parámetros de operación, como: el peso sobre la mecha (*WOB*), torque en la mecha en la profundidad total (*TOB*),

tasa de perforación (ROP) y la velocidad de rotación (rpm) para las operaciones. También se incluyó el peso del bloque viajero.

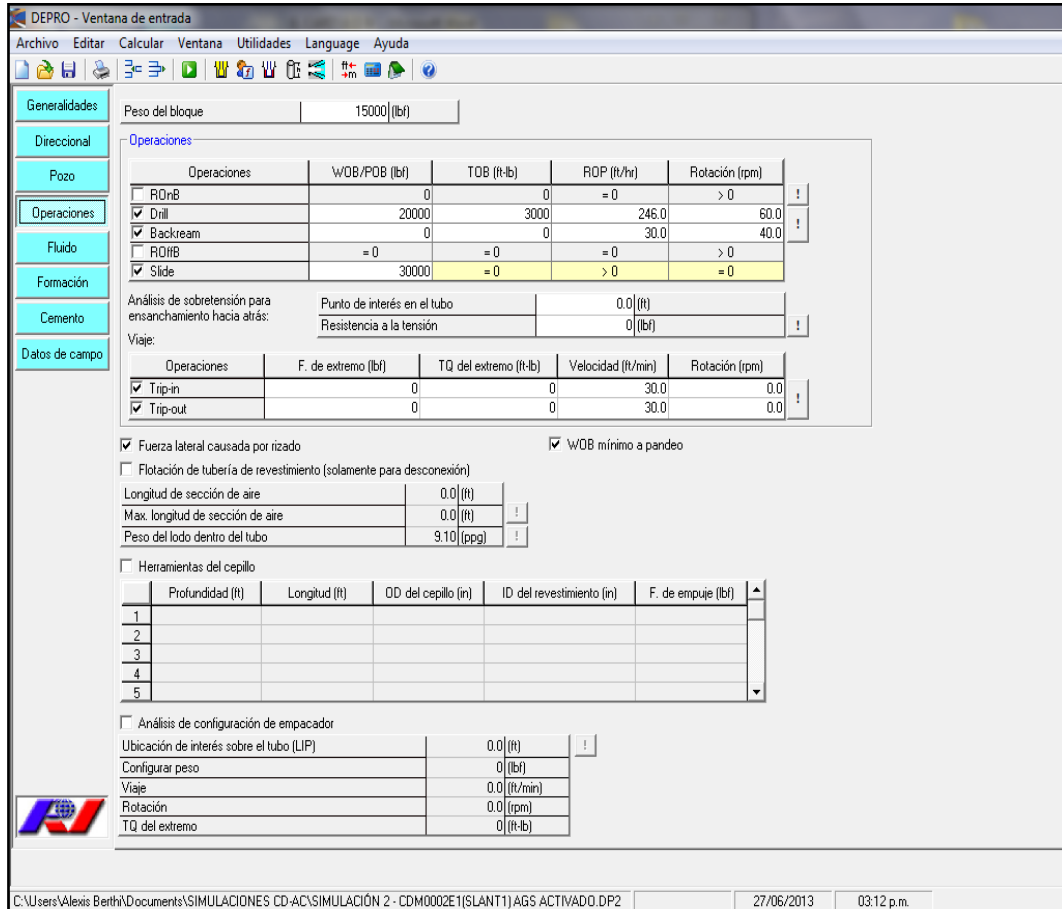


Figura IV. 6. Selección de operaciones y especificación de parámetros operacionales hoyo CDM0001E1 [Programa DEPRO®]

Por último en la ventana mostrada en la figura IV.7., se observa cómo se suministró al simulador la información acerca del tipo de taladro, las propiedades del lodo como lo son descripción del lodo, peso del lodo, geles, viscosidad plástica y punto cedente. También se incluyó información de la hidráulica: pérdidas de presión en el motor de fondo y se especificó el caudal para el análisis hidráulico.



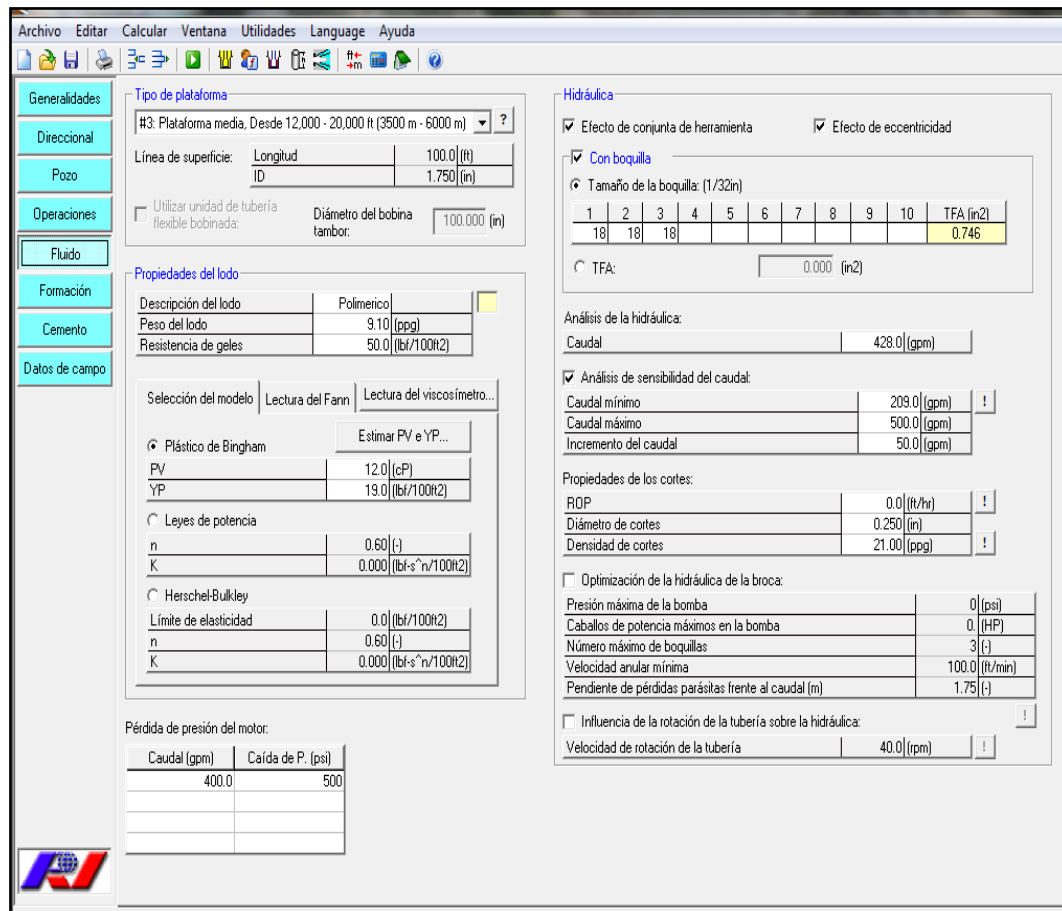


Figura IV. 7. Información acerca del tipo de taladro, propiedades del lodo e hidráulica en hoyo CDM0001E-1 [Programa DEPRO®]

Todos los datos introducidos fueron recopilados del reporte de ensamblajes de fondos y de la hoja de registro de actividades direccional, elaborada por el equipo direccional de *Weatherford Drilling Services*.

#### IV.9. ANÁLISIS DEL RENDIMIENTO OPERACIONAL DE LA HERRAMIENTA AGS EN LA PERFORACIÓN DE POZOS TIPO *SLANT* DE LA FAJA PETROLÍFERA DEL ORINOCO

Para cumplir con este objetivo se decidió hacer una comparación de la construcción entre los hoyos *slant* de la localización CD-AC, el hoyo CDM0002E-1 y el CDM0002E-2. El propósito fue lograr distinguir el efecto que tiene el uso del estabilizador de calibre ajustable, *StableLine™* AGS, durante el proceso de perforación de los hoyos

*slant*, por lo cual se decidió realizar el primer hoyo *slant* con dicha herramienta, y el segundo, tratando de disminuir el mayor número variables, se realizó quitándola de su ensamblaje de fondo durante su construcción. De esta manera, se planteó que la comparación debía hacerse enfocándose en las secciones tangenciales de ambos pozos dado que era allí donde estaría activado el estabilizador. Igualmente, considerando el efecto que tiene la geología sobre la perforación, se decidió hacer el análisis según los cambios litológicos que se generan atravesando la formación Oficina en el Yacimiento OFN CNX 5.

Los registros gamma ray y resistividad, tomados por el equipo y herramientas MWD y LDW de *Weatherford* en los hoyos de la localización CD-AC sirvieron para establecer los topes y las bases de los miembros de la formación; para lograr esto se hizo una correlación con los registros de los pozos vecinos a la localización CD-AC, los pozos CD-55 y CD-40, con la finalidad de asignar los parámetros recopilados en la *slide sheet* a la correspondiente sección litológica perforada.

Asimismo, haciendo confluír los topes y bases de los dos hoyos en estudio con los datos establecidos en el plan de perforación de ellos, se procedió a constatar que tanto se desfasó del plan, la trayectoria real de los hoyos. En esta parte, se consideraron las maniobras hechas por el equipo direccional en función de hacer cumplir el plan direccional de los hoyos las cuales se encuentran reflejadas en su hoja de trabajo.

Por otro lado, de la hoja de trabajo del equipo direccional, *slide sheet*, se tomaron datos promedios de todos los parámetros, para cada sección litológica, tomados durante la perforación de los hoyos CDM0001E-1 y CDM0002E-2, y de este modo se realizó un contraste entre ambos grupos de datos para así poder observar el cambio en ellos que se genera cuando se construye un pozo con AGS. Los parámetros tomados como base en esta fase del análisis fueron: peso sobre la mecha, velocidad

de la mesa rotaria, velocidad de rotación del motor de fondo, torque en superficie, galonaje, presión y tasa de penetración.

Por último, se decidió revisar por sección litológica la cantidad de pies deslizados versus los pies rotados, para con esto verificar la efectividad del AGS respecto a su capacidad de mantener ángulos de inclinaciones en secciones tangenciales.

#### **IV.10. ESTUDIO ECONÓMICO *STABLELINE™* AGS**

Se realizó un análisis con curvas de tiempo planificadas, de tiempo total, y tiempo efectivo, a partir de los programas de perforación planificados por PDVSA y de las hojas de trabajo (*slide sheet*) del equipo direccional de *Weatherford*. Se tomaron en cuenta las horas que se estimaban para las operaciones requeridas para construir la sección de 8 ½" de los hoyos CDM0001E-1 Y CDM0002E-1 en la localización CD-AC.

Por lo que compete a los objetivos de este proyecto investigación, se decidió realizar un análisis económico basado en responder la siguiente pregunta: ¿Puede la implementación del *StableLine™* AGS disminuir los tiempos de perforación en la construcción de hoyos *slant* que se realicen en la Faja Petrolífera del Orinoco? Como ya se ha dicho, en perforación direccional, la disminución de costos es directamente proporcional a los tiempos que se utilizan un conjunto de herramientas para llevar a cabo un determinado trabajo. Con lo cual se deseaba conocer si los tiempos efectivos de perforación eran o no reducidos usando el estabilizador, demostrada su efectividad mejorando técnicamente la operación de perforación, así como las diferentes variables que se evalúan en el presente trabajo, el paso final era entrar en el análisis de verificación de su rentabilidad.

El primer paso fue recolectar la información de los tiempos de perforación de direccional dispuestos en el programa de los pozos *slant* estipulados por la operadora estatal PDVSA. La figura IV.8. muestra un resumen de esta compendio de esta información.



ANEXO F. ESTIMACIÓN DE TIEMPOS.

ACTIVIDADES	Tiempo, Hrs.	Tiempo Acum., Hrs	Profundidad	Costos Acum
<b>MUDANZA ENTRE MACOLLA</b>				
Desvestir equipo	46	46	0	892,88
Transportar	72	118	0	2.264,77
Vestir equipo	40	158	0	3032,46
Abrir hueco de rata y ratón	2	160	0	3070,88
<b>Subtotal, Días</b>		<b>6,7</b>		
<b>HOYO SUPERFICIAL (12-1/4")</b>				
Armar BHA con mecha triconica de 12 1/4"	2	2	0	3.109,26
Perforar hoyo	21	23	1885	3512,32
Bombear pildora y circular hasta retorno limpio	2	25	1885	3550,70
Sacar y quebrar BHA	6	31	1885	3665,86
Acondicionar planchada para bajar revestidor de 9-5/8"	2	33	1880	3704,25
Vestir llave hidráulica y realizar reunión de seguridad	1	34	1880	3723,44
Bajar revestidor 9 5/8"	12	46	1880	3953,75
Desvestir llave hidráulica	1	47	1880	3972,95
Vestir equipo de cementación, instalar cabezal, circular, realizar reunión, probar línea	3	50	1880	4030,53
Cementar revestidor 9 5/8"	3	53	1880	4088,10
Desvestir equipo de cementación	2	55	1880	4126,49
Instalar sección "A" y armar VIR'S	12	67	1880	4356,81
Espero fraguado y retro landing joint	6	73	1880	4471,96
Parar tubería en cabria	12	85	1880	4702,28
Armar y bajar sarta direccional con mecha triconica de 8-1/2"	6	91	1880	4817,44
Limpiar Cemento y romper zapata	4	95	1880	4894,21
Desplazar agua por lodo	1	96	1880	4913,40
Circular y homogenizar lodo	2	98,0	1880	4951,79
<b>Subtotal, Días</b>		<b>4,08</b>		
<b>SLANT N°1 HOYO 8 1/2"</b>				
Perforar hoyo 8 1/2" , hasta una profundidad de 1780 (KOP)	4	4	1780,0	5028,56
Circular hasta retorno limpio	1	5	1780,0	5047,75
Perforar hasta el tope del marcador "O" ,continuar hasta tope del miembro morichal y seguir perforando hasta la profundidad final	40	45	3237,8	5815,47
Bombear pildora y circular hasta retorno limpio	2	47	6018,4	5853,86
Circular hasta retorno limpio y Sacar en back reaming hasta la zapata	18	65	6018,4	6199,33
Regresar al fondo convencional, Sacar y quebrar tubería	10	75	6018,4	6391,26
acondicionar planchada	2	77	6018,4	6429,65
Armar y bajar cola de 2 3/8 con drill pipe	16	93	6018,4	6736,74
Bajar BHA direccional hasta la profundidad del tapon N°1 de abandono	4	97	6018,4	6813,51
Vestir compañía de cementacion y realizar reunion operacional	2	99	6018,4	6851,89
Bombear tapon N°1	4	103	6018,4	6928,67
Subir BHA direccional hasta la profundidad del tapon N°2	1	104	6018,4	6947,86
Bombear tapon N°2 de abandono	4	108	6018,4	7024,63
Subir BHA direccional hasta la profundidad del tapon N°3 de desvío	1	109	6018,4	7043,82
Bombear tapon N°3 de desvío	6	115	6018,4	7158,98
Sacar cola de 2-3/8" con drill pipe hasta superficie	6	121	6018,4	7274,14
Esperar fraguado	4	125	6018,4	7350,91
<b>Subtotal, Días</b>		<b>5,21</b>		

Figura IV. 8. Tiempos de perforación de hoyos *slant* 1 –Localización CD-AC [PDVSA]

Seguidamente, se procedió a recolectar de las correspondientes *slide sheet* los datos de tiempos reales alcanzados en campo. La figura IV.9. muestra la compilación de estos datos.

Finalmente, se originaron tablas donde se resumen todo el conjunto de datos necesarios para generar las curvas de tiempo planificado, tiempo real total y tiempo efectivo de las operaciones realizadas en los hoyos *slant*.

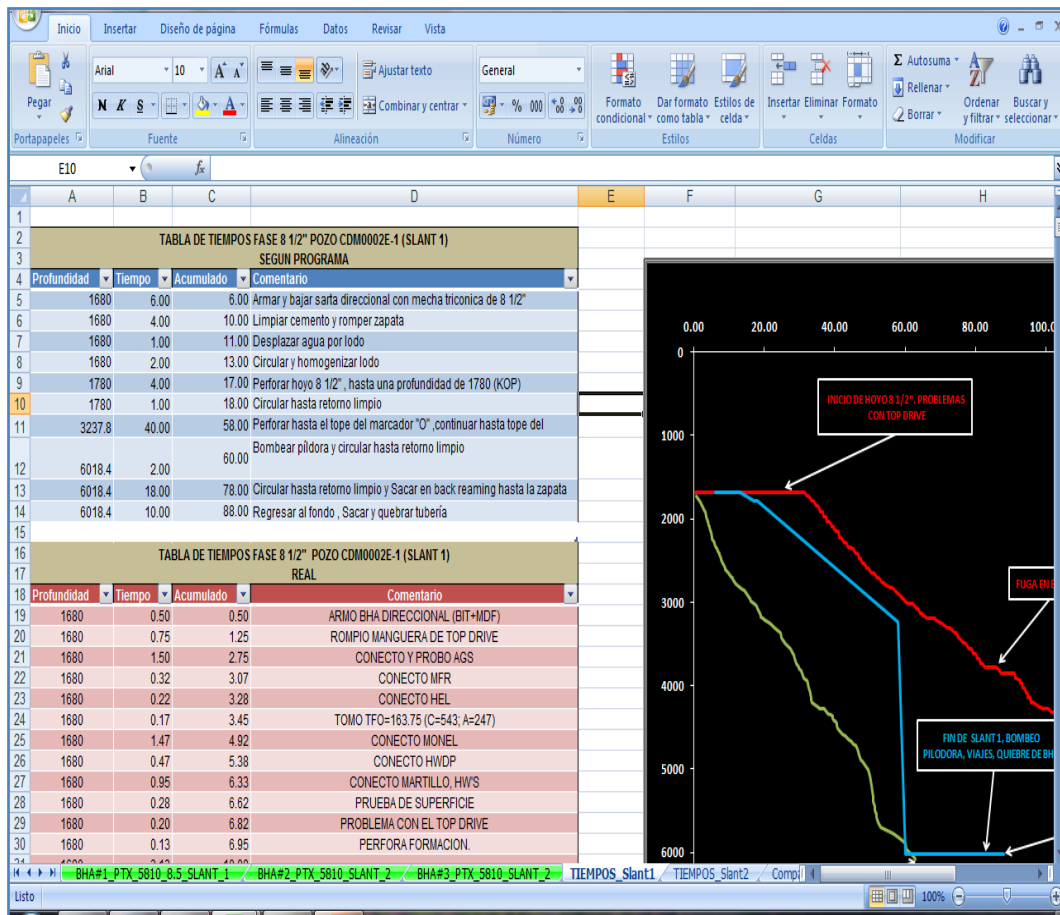


Figura IV. 9. Figura. Estimaciones de tiempos de operaciones hoyo CDM0001E-1 (SLANT 1)

## CAPÍTULO V

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### V.1. EVALUACIÓN DEL DISEÑO DE ENSAMBLAJES DE FONDO USADOS EN LA PERFORACIÓN DE POZOS *SLANT* EN LA FAJA PETROLÍFERA DEL ORINOCO A TRAVÉS DE SIMULADORES

##### V.1.1. Evaluación de Torque y Arrastre en hoyos *slant* CDM0001E-1 y CDM0002E-2

El programa de simulación DEPRO® permitió realizar una predicción del torque y arrastre para cada una de las sargas de perforación de los pozos estudiados. En lo consiguiente se procederá a evaluar los resultados obtenidos en el simulador a través de un análisis comparativo entre ambos hoyos con el objeto de revisar las variantes entre ambas operaciones.

La figura V.1. y la figura V.2. representa la variación de la carga en el gancho respecto a la profundidad de los hoyos CDM0001E-1 y CDM0002E-2, respectivamente. Como se observa, la diferencia notable que hay entre ambas figuras se basa esencialmente en la extensión de las curvas de rotación (*drill*), *backream*, deslizamiento (*slide*), viaje hacia dentro (*trip-in*) y viaje hacia afuera (*trip-out*) producto de que con el *slant 2* se perforó una extensión mayor que en el *slant 1*. Estas curvas tienen la misma tendencia ya que se usaron las mismas tuberías en la realización de ambos hoyos. Asimismo, se observa que en ambos procesos las tuberías estuvieron alejadas cómodamente en rangos seguros durante la perforación de su límite de resistencia a la tensión.

La máxima carga se observa en el viaje de tuberías hacia afuera, esto es debido a que las herramientas de perforación deben vencer la fricción de arrastre durante esta operación, entre la pared del pozo y las tuberías, y vencer el peso de la sarga en

contra de la gravedad. La menor carga del gancho se muestra en los modos de perforación deslizando (*slide*) y rotando (*drill*) ya que parte del peso de la sarta es liberado para generar el peso sobre la mecha necesario para la perforación.

No se nota efecto importante en el pozo perforado sin el estabilizador de calibre ajustable respecto al hoyo donde este utilizó.

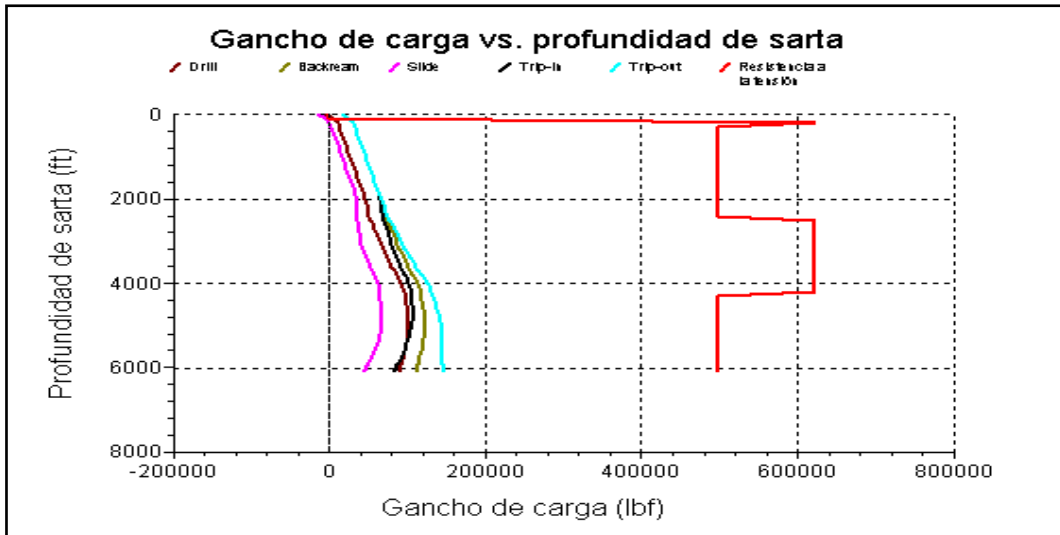


Figura V. 1. Carga en el gancho vs Profundidad de la sarta – Hoyo CDM0001E-1 (SLANT 1)

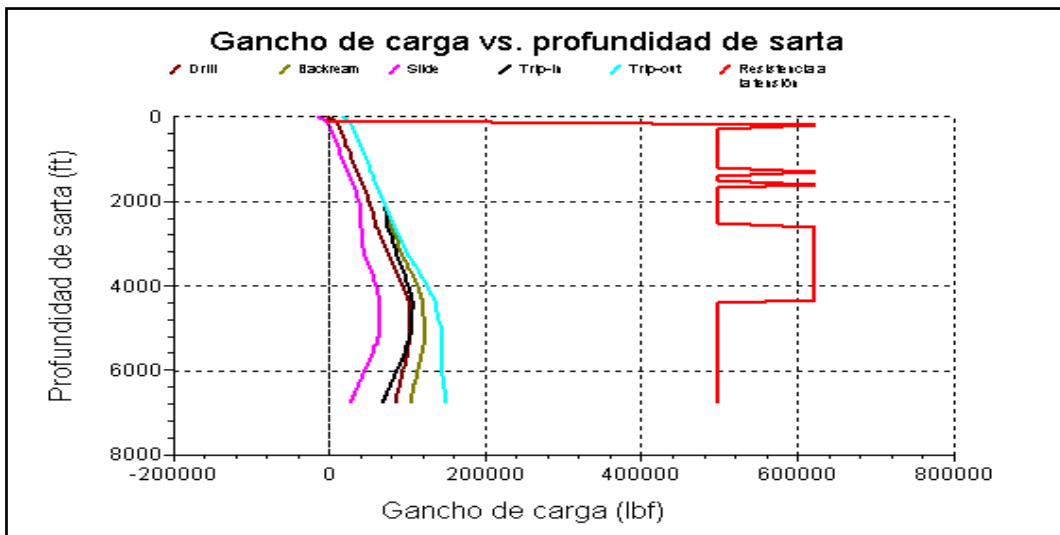


Figura V. 2. Carga en el gancho vs Profundidad de la sarta – Hoyo CDM0002E-2 (SLANT 2)

Las figuras V.3. y V.4. muestran los resultados obtenidos de la simulación con el programa DEPRO® del torque usado en superficie para hacer girar la sarta mientras se rota (*drill*) y mientras se hace *backream* tanto en el *slant 1* como en el *slant 2*. Como se nota en la gráfica de la figura V.4. las curvas de torque en superficie correspondientes al hoyo CDM0002E-2 se encuentran desplazadas un poco a la derecha respecto a los que se muestran en la figura V.3., con lo cual se concluye que valores de torque más elevados fueron necesarios para llevar a cabo las operaciones de perforación en el *slant 2*.

El estabilizador de calibre ajustable dispuesto en la sarta de perforación del *slant 1*, actúa como punto de apoyo cuando esta activado. De este modo permite que mayor longitud de la sarta de perforación se encuentre en menor contacto con las paredes del hoyo, con lo que hay menos superficie de contacto para la fricción, lo que trae como consecuencia final que se necesite menos torque en la mesa rotaria para llevar a cabo la rotación.

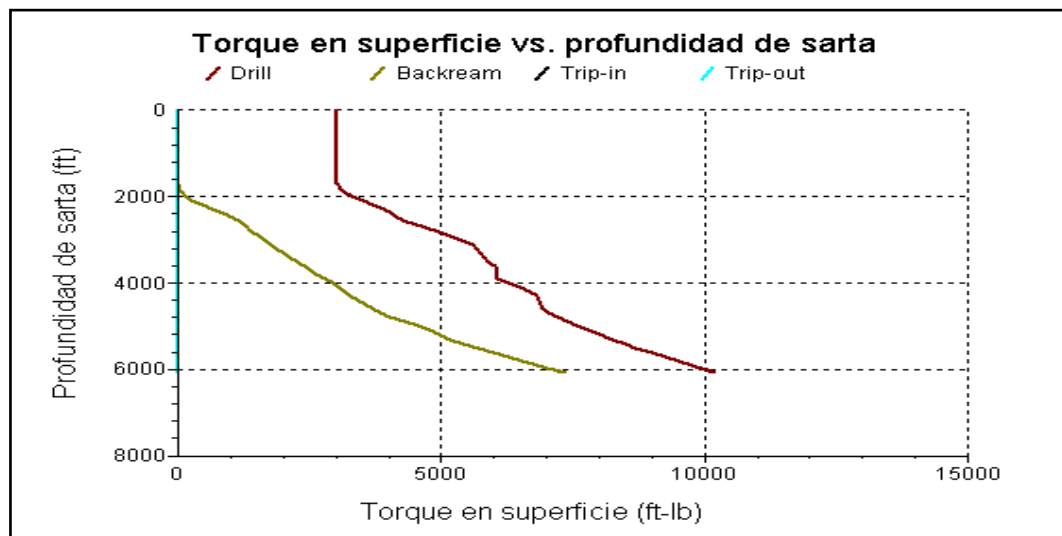


Figura V. 3. Torque en superficie vs Profundidad de la sarta – Hoyo CDM0001E-1 (SLANT 1)



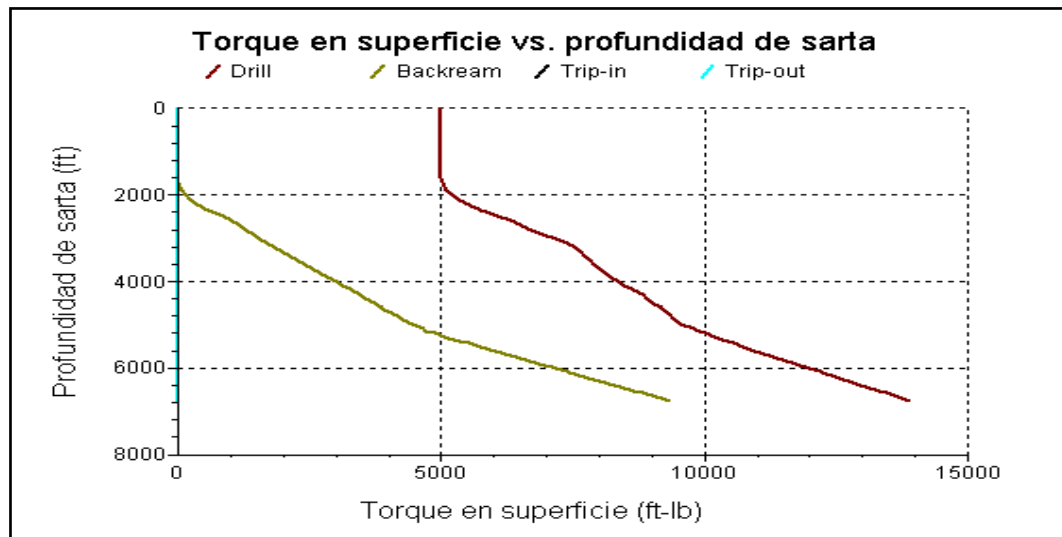


Figura V. 4. Torque en superficie vs Profundidad de la sarta – Hoyo CDM0002E-2 (SLANT 2)

Un aspecto importante a revisar en el simulador DEPRO® fue el efecto que tenía el *StableLine™* AGS en el torque mientras se perforaba. DEPRO® permite evaluar el torque producido durante la perforación de ambos pozos *slant*; las figuras V.5. y V.6. exhiben el perfil de par de torsión alcanzado. Los valores estimados para construir estas gráficas se muestran en las tablas del anexo 2, así como las del resto explicadas en esta sección.

Como se evidencia en la figura V.6. el torque producido en la perforación sobre la sarta fue mayor en la en la construcción del *slant 2* que la mostrada en la figura V.5. del *slant 1*. Las curvas de par de torsión correspondientes a las operaciones de *backream* y rotación (*drill*) en el hoyo CDM0001E-1 en el que se usa el estabilizador de calibre ajustable, se encuentran desplazadas a la izquierda respecto a estas mismas curvas del hoyo CDM0002E-2, en dirección contraria al aumento del torque. La sarta de perforación se ve menos afectada por torque en el hoyo con AGS que en el hoyo donde no se usó la herramienta.

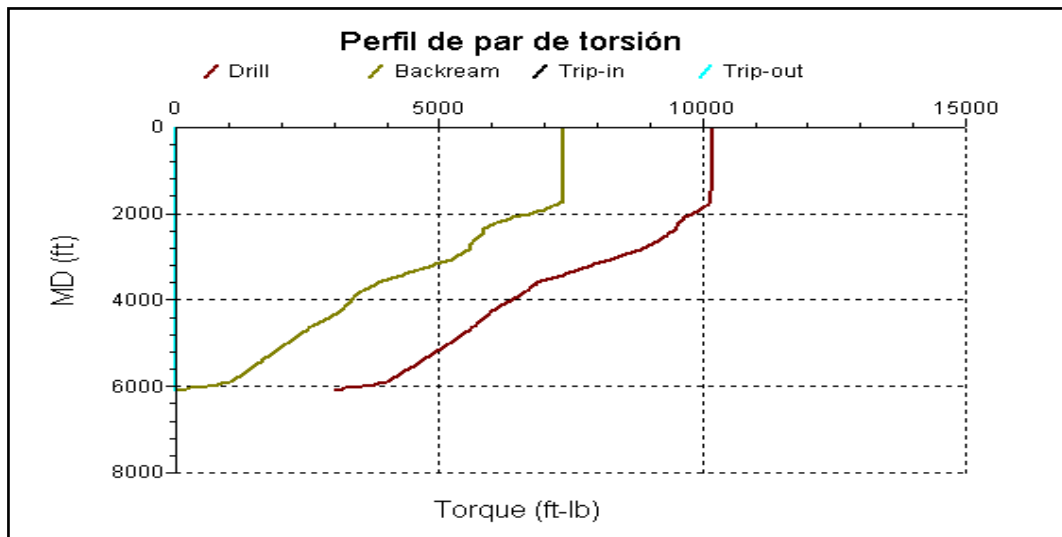


Figura V. 5. Perfil del Torque – Hoyo CDM0001E-1 (SLANT 1)

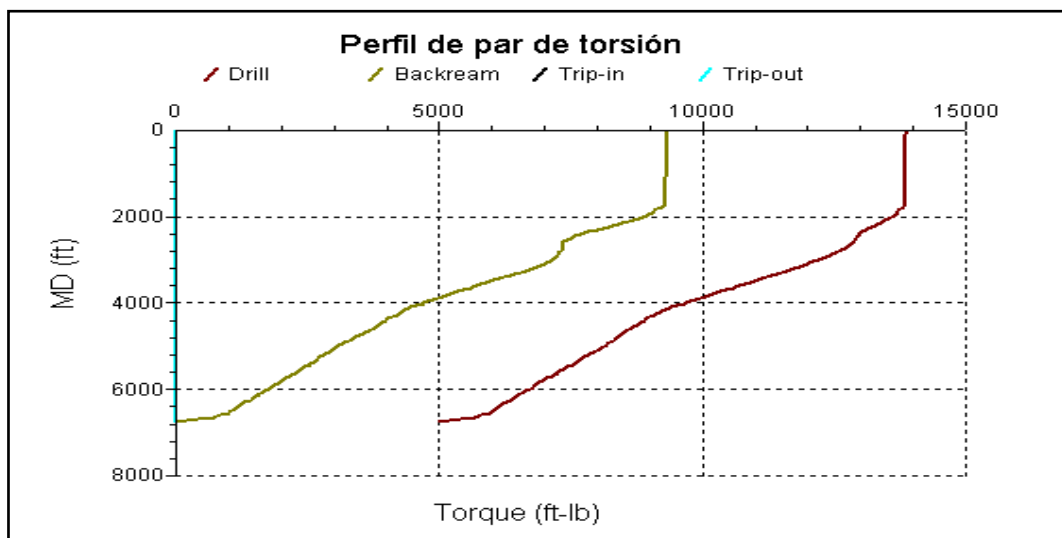


Figura V. 6. Perfil del Torque – Hoyo CDM0002E-2 (SLANT 2)

Los efectos de arrastre están directamente relacionados con la fuerza axial medida cuando se ejecutan trabajos de perforación. La figuras V.7. y V.8. muestran las gráficas de la fuerza axial medida en las operaciones de rotación (*drill*), viaje hacia adentro (*trip-in*) y deslizamiento (*slide*), así como las curvas sinusoidal y helicoidal, que representa los puntos a partir de los cuales podrían deformarse las tuberías producidos por pandeo. En el modo de deslizamiento, la falta de rotación introduce algunas dificultades. Donde la sarta de perforación yace en el lado bajo del pozo, el

fluido de perforación fluye de manera dispereja alrededor de la tubería y perjudica la capacidad del lodo para eliminar los recortes de perforación. Esto, a su vez, puede dar como resultado la formación de un lecho de fragmentos o una acumulación de éstos en la parte inferior del pozo, lo cual aumenta el arrastre. Es por ello que se observa como la curva de fuerza axial durante el deslizamiento (*slide*) se acerca más a la curvas de deformación por pandeo.

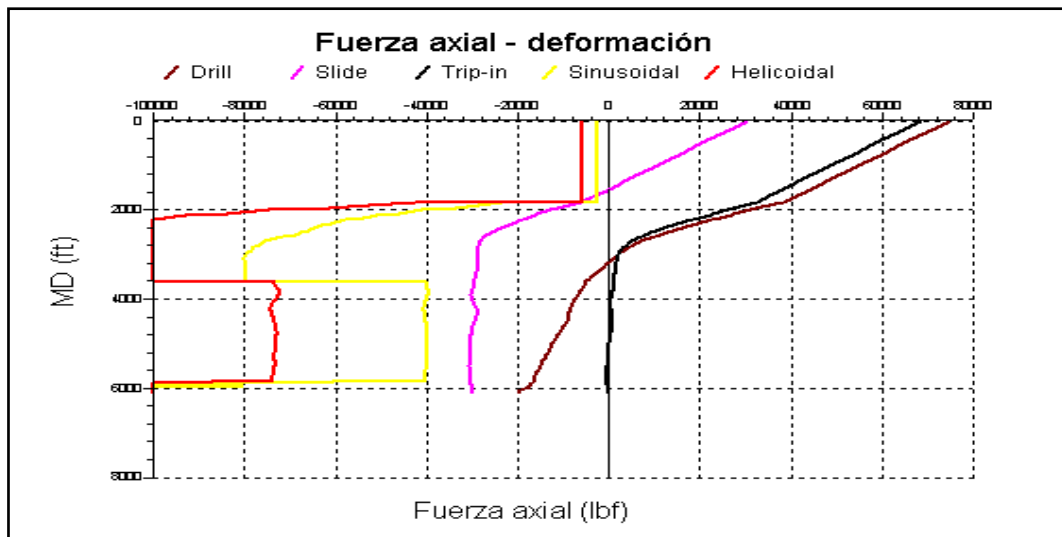


Figura V. 7. Fuerza axial – Hoyo CDM0001E-1 (SLANT 1)

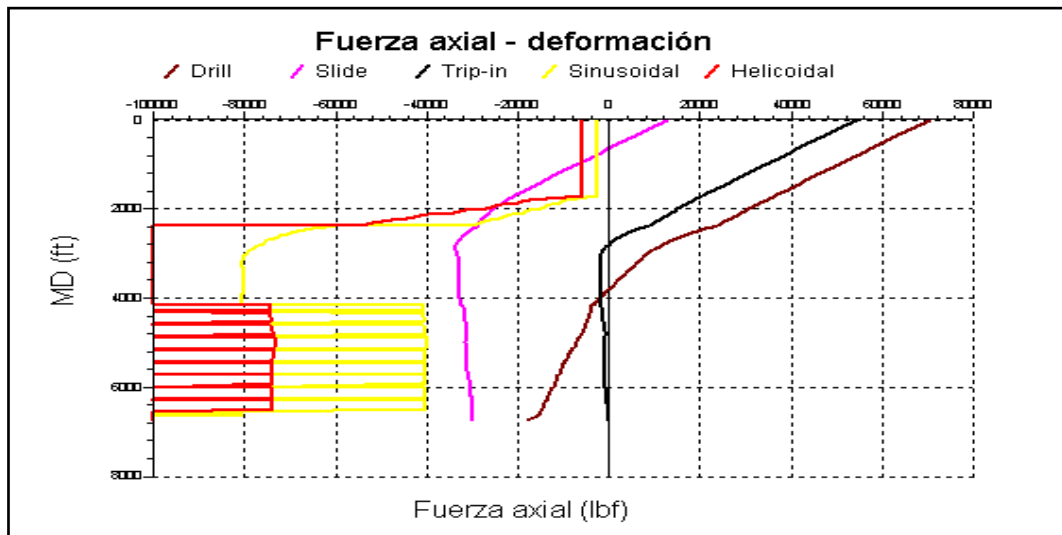


Figura V. 8. Fuerza axial – Hoyo CDM0002E-2 (SLANT 2)

Los datos de entrada para las simulaciones con DEPRO® de los hoyos CDM0001E-1 y CDM0002E-2 se introducen con los datos extremos (más altos) recolectados durante la perforación. De allí que los resultados arrojen conclusiones como las que se desprenden de las gráficas V.7. y V.8., en las que las curvas de deslizamientos para ambos casos entran en la sección de deformación por pandeo tanto sinusoidal como helicoidal (observación que no se ajusta a la realidad pero que permite observar los puntos en los que deber tener especial atención en la perforación).

En función de observar el efecto del uso del *StableLine*™ AGS, se puede notar en los perfiles de fuerza axial de cada uno de los hoyos que mientras se usa el estabilizador las curvas correspondientes a las operaciones rotación (*drill*), deslizamiento (*slide*) y viaje hacia dentro (*trip-in*) del *slant* 1 se encuentran más alejadas de las zonas de deformación por pandeo que las que identifican el comportamiento de fuerzas axiales del *slant* 2. El AGS evitaría acumular mayor zona de arrastre, aún cuando una sección de él esté más cercana a las paredes del hoyo que cualquier otra herramienta, sirve como palanca para separar parte de la sarta de perforación de las paredes del hoyo.

## **V.2. ANÁLISIS DEL RENDIMIENTO OPERACIONAL DE LA HERRAMIENTA AGS EN LA PERFORACIÓN DE POZOS TIPO *SLANT* EN LA FAJA PETROLÍFERA DEL ORINOCO.**

El análisis del rendimiento operacional en campo del estabilizador de calibre ajustable, *StableLine*™ AGS, se realizó en tres etapas; la primera fue evaluar el cumplimiento de los planes de los hoyos CDM0001E-1 y CDM0002E-2, respecto a la trayectoria alcanzada durante su perforación; la segunda etapa comprendió el análisis de los parámetros de perforación recopilados durante los trabajos en los hoyos *slant* ya nombrados, de la localización CD-AC en la Faja Petrolífera del Orinoco; la última y tercera etapa fue determinar la cantidad deslizamientos y rotaciones que se obtuvieron en cada hoyo.

Este análisis consiste esencialmente en realizar un contraste en la fase de sostenimiento de ángulo de los hoyos *slant* CDM0001E-1 y CDM0002E-2 en cada uno de los aspectos mencionados, para lograr observar los diferentes efectos que tiene el uso del *StableLine*™ AGS en el trabajo de perforación de esta clase de hoyos.

### **V.2.1. Evaluación del cumplimiento del plan**

De acuerdo a la información recolectada del plan establecido para la construcción de los pozos CDM0001E-1 y CDM0002E-2, y considerando los datos de las estaciones de *survey* tomada por el equipo MWD y LWD en campo, se procedió a evaluar el cumplimiento del plan en función de la trayectoria alcanzada durante la perforación en cada miembro de la formación Oficina atravesado en este proceso, con el objetivo único de observar el efecto de la herramienta *StableLine*™ AGS en la perforación.

#### **V.2.1.1. Plan versus *Survey* en el Miembro Pilón**

La parte izquierda de la tabla V.1. muestra la trayectoria que en teoría debió seguirse en la perforación del hoyo CDM0001E-1, esta fase de la perforación corresponde a la parte del hoyo que está en el miembro Pilón de la formación Oficina, con puntos de trayectoria fijados a través de tres datos: profundidad medida (MD), ángulo de inclinación (Inc) y ángulo acimutal (Az). Estos mismos datos son los que componen una estación de *survey*, que se obtuvieron con la herramienta MWD y se muestran en la parte derecha de tabla V.1.; indican la trayectoria real que se logró mientras se perforaba el *slant* 1.

Esta tabla, incluye además, columnas de profundidad vertical verdadera (TVD) y de severidad de pata de perro (DLS) que debería alcanzarse en los puntos plan y puntos *survey*.

Tabla V. 1. Plan versus Survey Hoyo CDM0001E-1 – Miembro Pilón

HOYO CDM0001E-1 (SLANT 1)									
PLAN					SURVEY				
MD (pies)	Inc (°)	Az (°)	TVD (pies)	DLS (°/100 pies)	MD (pies)	Inc (°)	Az (°)	TVD (pies)	DLS (°/100 pies)
3051.2	73.95	73.1	2708.4	0	3057	74.66	70.54	2709.01	4.9
3149.6	73.95	73.1	2735.6	0	3177	74.22	71.07	2741.19	0.56
3248	73.95	73.1	2762.8	0	3297	74.13	73	2773.92	1.55

La tabla V.1. permite hacer un contraste entre el plan y el *survey* del hoyo CDM0001E-1, del cual se observa que la perforación en este tramo se realizó de manera correcta: no se observa ningún desfase importante entre los parámetros establecidos en el plan respecto a los que se obtuvieron en los *survey*. La diferencia en los valores de DLS se debe a que teóricamente, mientras se realizan los planes de los hoyos, en las secciones tangenciales no debería cambiar el ángulo de inclinación dado que en esta secciones precisamente se quiere mantener el ángulo de construcción alcanzado. En la práctica esto no es real, siempre hay cambios leves de aumento o disminución de ángulo de construcción en los pies perforados, debido a factores como el *bend housing* del motor de fondo y la respuesta de las herramientas direccionales por la litología atravesada durante la elaboración de los hoyos.

La perforación del miembro Pilón incluye la parte final de la construcción de ángulo del hoyo CDM0002E-2 y el inicio de su tangente. La tabla V.2. exhibe las estaciones de *survey* correspondientes a la parte del miembro Pilón que pertenece a la sección tangencial del *slant* 2. De igual manera, se incluyen los datos del plan; de allí que se hace un contraste, de lo cual se puede notar que a 3048 pies MD, al inicio de la sección tangencial, el pozo tenía 74.29° de inclinación por lo que, como se muestra en la *slide sheet*, se decide aplicar posteriormente 20 pies de deslizamiento para mantener la inclinación un poco más alta de lo indicado en el plan; esta es la forma

en la que los ingenieros direccionales prefieren mantener el pozo para controlarlo más eficazmente. En esta sección no se manifestó ninguna tendencia en la formación que afectara trascendentalmente la labor de perforación.

Tabla V. 2. Plan versus Survey Hoyo CDM0002E-2 – Miembro Pílon

HOYO CDM0002E-2 (SLANT 2)									
PLAN					SURVEY				
MD (pies)	Inc (°)	Az (°)	TVD (pies)	DLS (°/100 pies)	MD (pies)	Inc (°)	Az (°)	TVD (pies)	DLS (°/100 pies)
3083	75.7	112.35	2741.6	5.99	3048	74.29	110	2728.47	5.4
3100	75.71	112.37	2745.8	0.11	3110	76.27	110.1	-	-
3200	75.78	112.45	2770.4	0.11	3167	76.52	110	2758.46	1.87

La tabla V.3. muestra la desviación de la trayectoria real respecto al plan de los hoyos CDM0001E-1 (*slant 1*) y CDM0002E-2 (*slant 2*), hechos en la localización CD-AC; para esta tabla se calcularon los pies fuera del plan tanto horizontal como verticalmente en cada una de las estaciones de *survey*, a su vez en ella se incluye una fila del promedio de los desfases en cada una de las direcciones; la idea era verificar la capacidad de cumplimiento del plan al momento de incorporar el *StableLine™* AGS en el ensamblaje de fondo. De dicha tabla se sustrae, que durante la perforación del miembro Pílon, el *slant 1* realizado con AGS tuvo un comportamiento apegado al plan de perforación que el *slant 2* realizado sin la herramienta en estudio. Como se observa, los valores más altos alcanzados en desfase vertical (arriba-abajo del plan) y horizontal (derecha-izquierda del plan), 2.18 pies (arriba del plan) y 3.89 pies (izquierda del plan), pertenecen al *slant 2*. Asimismo, los valores promedio de desviación alcanzan picos más altos en el *slant 2*.

Tabla V. 3. Pies fuera del Plan en la sección tangencial – Miembro Pilón

DESVIACIÓN DEL PLAN <i>SLANT 1</i>					DESVIACIÓN DEL PLAN <i>SLANT 2</i>				
MD (pies)	Arriba del Plan (pies)	Abajo del Plan (pies)	Derecha del Plan (pies)	Izq. del Plan (pies)	MD (pies)	Arriba del Plan (pies)	Abajo del Plan (pies)	Derecha del Plan (pies)	Izq. del Plan (pies)
3057	-	2.14	-	2.99	3048	0.95	-	-	3.89
3177	-	3.2	-	1.93	3167	3.4	-	0.72	-
3297	-	1.1	0.25	-	-	-	-	-	-
<b>PROM.</b>	-	<b>2.15</b>	<b>0.25</b>	<b>2.46</b>		<b>2.18</b>	-	<b>0.72</b>	<b>3.89</b>

#### V.1.1.2. Plan versus *Survey* en el Miembro Jobo

A través del cotejo del plan y estaciones de *survey* del *slant 1* de la localización CD-AC, que se evidencia en la tabla V.4., se puede observar en sus columnas de inclinaciones una diferencia notable en lo que se quería fuera la trayectoria del pozo y lo que realmente se logró. Hubo una caída del ángulo de inclinación de hasta 4°, por lo que se procedió a realizar deslizamientos, con motor de fondo en *high side*, que permitieran recobrar la inclinación establecida en el plan de perforación. Las herramientas direccionales respondieron de manera efectiva a la maniobra pero como la litología del miembro Jobo está compuesta esencialmente por arenas, el incremento de ángulo fue excesivo; se obtuvo una inclinación de hasta 80,69°, el incremento después de la caída fue de 8°, pasando a 4° más por encima de lo establecido en el plan.

Tabla V. 4. Plan versus *Survey* Hoyo CDM0001E-1 – Miembro Jobo

HOYO CDM0001E-1 ( <i>SLANT 1</i> )									
PLAN					SURVEY				
MD (pies)	Inc (°)	Az (°)	TVD (pies)	DLS (°/100 pies)	MD (pies)	Inc (°)	Az (°)	TVD (pies)	DLS (°/100 pies)
3444.88	73.95	73.1	2817.21	0	3417	73.32	73.34	2807.55	0.73
3543.31	73.95	73.1	2844.42	0	3537	73.79	74.55	2841.52	1.04
3641.73	73.95	73.1	2871.64	0	3658	74.8	73.75	2874.28	1.05



Tabla V. 4. Plan versus Survey Hoyo CDM0001E-1 – Miembro Jobo (Continuación)

HOYO CDM0001E-1 (SLANT 1)									
PLAN					SURVEY				
MD (pies)	Inc (°)	Az (°)	TVD (pies)	DLS (°/100 pies)	MD (pies)	Inc (°)	Az (°)	TVD (pies)	DLS (°/100 pies)
3740.16	73.95	73.1	2898.85	0	3777	70.52	74.11	2909.74	3.61
3838.58	73.95	73.1	2926.06	0	3895	69.47	72.93	2950.1	1.29
3937.01	73.95	73.1	2953.27	0	-	-	-	-	-
4035.43	73.95	73.1	2980.49	0	4014	73.72	73.65	2987.67	3.62
4133.86	73.95	73.1	3007.7	0	4134	78.1	71.59	3016.88	4.01
4232.28	73.95	73.1	3034.91	0	4254	80.69	73.21	3038.96	2.53

La caída en la inclinación se debió a que hubo problemas operacionales con el equipo de bombas en el taladro, esto produjo que se detuvieran las operaciones de perforación y que hubiera mucho tiempo de circulación de lodo en el fondo del pozo lo que tuvo como consecuencia que la formación en este punto se lavara.

De la tabla V.5. se observa que los dos puntos *survey* iniciales que se obtuvieron en el miembro Jobo permiten inferir que esta sección presenta una leve tendencia a tumbar inclinación. Por tal motivo el equipo direccional decide hacer deslizamiento de 26 pies a 126R de TFO, que permitan ajustarse de manera conveniente al plan, tratando de aumentar la inclinación y al mismo tiempo ajustando lo mayor posible el rumbo. La respuesta del deslizamiento está dada por el *survey* tomado a 3408 pies MD, la cual fue positiva: hubo un incremento en el ángulo de inclinación de medio grado y se ajustó el rumbo indicado en el plan. Sin embargo, la tendencia no permaneció en incremento, de modo que se decidió realizar más deslizamientos teniendo como único objetivo aumentar el ángulo de inclinación.

Tabla V. 5. Plan versus Survey Hoyo CDM0002E-2 – Miembro Jobo

HOYO CDM0002E-2 (SLANT 2)									
PLAN					SURVEY				
MD (pies)	Inc (°)	Az (°)	TVD (pies)	DLS (°/100 pies)	MD (pies)	Inc (°)	Az (°)	TVD (pies)	DLS (°/100 pies)
-	-	-	-	-	3288	76.59	110.34	2786.59	0.29
3300	75.86	112.54	2794.92	0.11	3351	75.45	110.92	-	-
3400	75.93	112.63	2819.3	0.11	3408	75.96	113.15	2815.07	2.33
3500	76	112.72	2843.55	0.11	3527	75.25	113.49	2844.65	0.66
3600	76.07	112.81	2867.68	0.11	3591	75.51	113.62	-	-
3700	76.15	112.9	2891.68	0.11	3649	75.5	113.82	2875.45	0.33
3800	76.22	112.99	2915.56	0.11	3768	75.44	114.13	2905.31	0.26
3900	76.29	113.07	2939.32	0.11	3887	75.95	114.3	2934.71	0.45
4000	76.36	113.16	2962.96	0.11	4006	76.72	114.18	2962.83	0.65
4100	76.44	113.25	2986.47	0.11	4125	77.48	113.72	2989.39	0.74
4200	76.51	113.34	3009.86	0.11	-	-	-	-	-

La tabla V.6. de desviaciones respecto al plan de los hoyos CDM0001E-1 y CDM0002E-2 en el miembro Jobo muestra que en esta sección ocurrieron desfases de hasta 12.6 pies en la dirección vertical (arriba del plan) en el *slant* 1 a 4014 pies MD, 10.09 pies por encima del valor máximo alcanzado en desfase vertical durante la perforación del *slant* 2 a 3887 pies. El efecto del lavado de la formación durante la realización del primer hoyo con *StableLine™* AGS fue perjudicial de modo que se alejó mucho más de lo planificado comparado con el segundo hoyo realizado sin el estabilizador. Los valores promedio de cada una de las desviaciones fueron mayores siempre en la perforación del hoyo CDM0001E-1 exceptuando las desviaciones a la derecha del plan.

Tabla V. 6. Pies fuera del Plan en la sección tangencial – Miembro Jobo

DESVIACIÓN DEL PLAN <i>SLANT 1</i>					DESVIACIÓN DEL PLAN <i>SLANT 2</i>				
MD (pies)	Arriba del Plan (pies)	Abajo del Plan (pies)	Derecha del Plan (pies)	Izq. del Plan (pies)	MD (pies)	Arriba del Plan (pies)	Abajo del Plan (pies)	Derecha del Plan (pies)	Izq. del Plan (pies)
3417	-	3.21	0.11	-	3288	-	1.43	5.42	-
3537	-	2.38	-	1.57	3408	-	2.18	7.12	-
3658	-	3.11	-	3.71	3527	-	1.42	5.83	-
3777	-	0.44	-	5.36	3649	0.02	-	4.03	-
3895	7.71	-	-	6.17	3768	1.41	-	1.84	-
4014	12.6	-	-	6.6	3887	2.51	-	-	0.62
4134	8.53	-	-	5.5	4006	2.46	-	-	2.92
4254	-	2.84	-	4.13	4125	1.01	-	-	4.42
<b>PROM.</b>	<b>9.61</b>	<b>2.40</b>	<b>0.11</b>	<b>4.72</b>	<b>-</b>	<b>1.482</b>	<b>1.67</b>	<b>4.848</b>	<b>2.653</b>

#### V.2.1.3. Plan versus *Survey* en el Miembro Yabo

Haciendo una observación a la tabla V.7. se tiene que el miembro Yabo comenzó a atravesarse en la perforación del hoyo CDM0001E-1 con un ángulo un poco elevado de inclinación respecto al plan dado que ya venía con esa inclinación (80.06°) desde el miembro Jobo. La respuesta de las herramientas direccionales fue adecuada, se deseaba disminuir ángulo y esto se logró.

Tabla V. 7. Plan versus *Survey* Hoyo CDM0001E-1 – Miembro Yabo

HOYO CDM0001E-1 ( <i>SLANT 1</i> )									
PLAN					<i>SURVEY</i>				
MD (pies)	Inc (°)	Az (°)	TVD (pies)	DLS (°/100 pies)	MD (pies)	Inc (°)	Az (°)	TVD (pies)	DLS (°/100 pies)
4330.71	73.95	73.1	3062.12	0	4320	80.06	72.42	-	-
-	-	-	-	-	4379	77.84	71.59	3062.24	2.61
-	-	-	-	-	4413	75.9	71.42	3070.12	2.01

En el miembro Yabo, mientras se perforaba sin *StableLine* AGS™ (*Slant 2*), se necesitaron 50 pies de deslizamientos para mantener el ángulo de inclinación, todos hechos a más de 90L, lo cual significa que debieron dirigir el ensamblaje de fondo hacia una caída de ángulo dado que la tendencia natural de la formación era elevarlo. Este hecho se evidencia en la tabla V. 8., a pesar de los 50 pies deslizados no se logró tumbar el ángulo en más de un grado. Por otra parte, haciendo una comparación entre el plan y los *survey*, se nota que en esta sección el plan estuvo alrededor de 4° por encima de lo planificado.

Tabla V. 8. Plan versus *Survey* Hoyo CDM0002E-2 – Miembro Yabo

HOYO CDM0002E-2 ( <i>SLANT 2</i> )									
PLAN					<i>SURVEY</i>				
MD (pies)	Inc (°)	Az (°)	TVD (pies)	DLS (°/100 pies)	MD (pies)	Inc (°)	Az (°)	TVD (pies)	DLS (°/100 pies)
-	-	-	-	-	4245	81.36	115.32	3011.42	3.49
-	-	-	-	-	4279	81.01	115.14	-	-
4300	76.58	113.43	3033.13	0.11	4308	80.94	115.7	-	-
-	-	-	-	-	4339	80.44	115.12	-	-
-	-	-	-	-	4367	80.32	114.55	3030.84	1.06

Los efectos del desfase del plan en Jobo ocasionado por el lavado de la formación tienen presencia en Yabo, dado que la litología es esencialmente lutítica (aumenta la dureza de la formación) en este miembro y producto de que tiene poco espesor resultó difícil apegarse al plan en esta sección durante la perforación del *slant 1*, la tabla V.9. evidencia esta conclusión: el promedio de desviación abajo del plan fue mayor 4.73 pies en relación al *slant 2*.

Una acotación que se puede hacer a este punto, es que en los miembros Yabo y Jobo, se observa que el ensamblaje de fondo fluctúa menos en las direcciones horizontales durante la perforación del *slant 1* comparado con el *slant 2*. Se ve en la

tabla V.6. que entretanto se perforaba Jobo en el hoyo sin *StableLine™* AGS se obtuvieron desviaciones de hasta 7.12 pies a la derecha del plan y de hasta 4.42 pies a la izquierda, mientras que en el *slant 1*, con el estabilizador de calibre ajustable en su BHA, la desviación a la derecha respecto al plan fue prácticamente nula. De la misma forma, en la tabla V.9. se puede notar que las desviaciones a la izquierda estuvieron en promedio 5.71 pies mayores en el *slant 2* sin estabilizador ajustable considerando las desviaciones a la izquierda del *slant 1*.

Tabla V. 9. Pies fuera del Plan en la sección tangencial – Miembro Yabo

DESVIACIÓN DEL PLAN <i>SLANT 1</i>					DESVIACIÓN DEL PLAN <i>SLANT 2</i>				
MD (pies)	Arriba del Plan (pies)	Abajo del Plan (pies)	Derecha del Plan (pies)	Izq. del Plan (pies)	MD (pies)	Arriba del Plan (pies)	Abajo del Plan (pies)	Derecha del Plan (pies)	Izq. del Plan (pies)
4379	-	14.39	-	2.75	4245	-	5.13	-	6.87
-	-	-	-	-	4367	-	14.19	-	10.04
<b>PROM.</b>	-	<b>14.39</b>	-	<b>2.75</b>	-	-	<b>9.66</b>	-	<b>8.455</b>

#### V.2.1.4. Plan versus *Survey* en el Miembro Morichal - Marcador O-11

De la tabla V.10. se extrae que la primera estación de *survey* en el marcador O-11 del miembro Morichal a la profundidad de 4444 pies, tiene más de un grado de inclinación que el deseado. A medida que transcurre la perforación se observa que se va logrando una disminución de la inclinación que termina siendo más pronunciada de lo requerido en el plan.

En la columna TFO (*Toolface offset*) de la *slide sheet*, se puede notar que esta respuesta se debe a que se realizaron dos deslizamientos, cuando el ángulo de inclinación era mayor al necesitado, con el motor de fondo en *low side*. El marcador O-11, es decir, una de las arenas prospectivas del miembro Morichal, permite que las maniobras de orientación en este caso se vean fácilmente estimuladas dada su baja

dureza; finalmente, con el motor en *low side* la caída en el ángulo de inclinación fue mayor a la deseada.

Tabla V. 10. Plan versus *Survey* Hoyo CDM0001E-1 – Miembro Morichal - Marcador O-11

HOYO CDM0001E-1 (SLANT 1)									
PLAN					SURVEY				
MD (pies)	Inc (°)	Az (°)	TVD (pies)	DLS (°/100 pies)	MD (pies)	Inc (°)	Az (°)	TVD (pies)	DLS (°/100 pies)
4429.13	73.95	73.1	3089.33	0	4444	75.1	71.59	-	-
4527.56	73.95	73.1	3116.55	0	4504	75	71.94	3091.59	2.29
4625.98	73.95	73.1	3143.76	0	4570	74.29	71.59	-	-
4724.41	73.95	73.1	3170.97	0	4630	71.97	71.7	3127.4	2.41
4822.83	73.95	73.1	3198.18	0	4695	71.57	71.93	-	-
-	-	-	-	-	4756	71.53	71.87	3166.86	0.37
-	-	-	-	-	4880	71.71	71.95	3205.96	0.16

Aún en esta sección se notan los efectos de la formación lavada en el miembro Jobo. Los direccionales no pueden hacer maniobras bruscas (llámense cambios repentinos de direcciones) para retomar de una manera inmediata la trayectoria del plan. La herramienta MWD, encargada de tomar las estaciones de *survey* (la posición de la trayectoria real del pozo) está ubicada a un poco más de 60 pies MD de la mecha, por lo que no se puede observar lo que se logró con una maniobra dada (orientar y/o deslizar) hasta que se hayan perforado nuevamente esa cantidad de pies posterior a la maniobra. Es por ello que se intenta retomar gradualmente el plan de la trayectoria del pozo. Por otro parte, hay que tomar en cuenta que dichas maniobras bruscas, afectan parámetros como las severidades de pata de perro, tortuosidad, entre otros.

Como consecuencia de haber ganado inclinación en el desarrollo de la perforación del miembro Yabo en el hoyo CDM0002E-2, en la primera etapa de trabajo en el miembro Morichal se decidió aplicar deslizamiento en 27 pies con TFO de 150L a

4407 MD con la finalidad de tumbar inclinación. La respuesta fue positiva: se lograron disminuir 1.78°. Mientras se perforaba el marcador 0-11 a la profundidad de 4558 pies MD se presentó una falla, un incremento brusco de presión el cual rompió los clavos de las bombas del taladro. Se trató de restablecer circulación normal sin éxito, por lo que en conjunto con personal de PDVSA se decide sacar hasta superficie de manera convencional. Una vez en superficie se consiguen restos de cemento en la conexión entre el Monel y el HEL. Se continuó quebrando el BHA observando que el motor salió desconectado en una de sus roscas (parte inferior de la sección de poder). Además, una vez desconectada la mecha la misma muestra obstrucción de sus chorros por partículas pequeñas de cemento y una mezcla de material arcilloso. Por lo que se presume que residuos de cemento en la tubería de perforación, producto del previo bombeo de tapones de cemento en el *slant 1*, se precipitaron hasta el interior de las herramientas, quedando los de mayor tamaño retenidos en el filtro interno del HEL (*Junk Basket*) y los de menores dimensiones lograron llegar a la mecha causando la obstrucción de la misma generando los incrementos de presión.

En lo consiguiente, como se puede constatar en la tabla V.11. se realizó un cambio del BHA con lo cual se tomó la primera estación de *survey* a una profundidad de 4490 pies MD; dada la tendencia que se había notado de incremento de ángulo en esta sección el equipo direccional decide aplicar deslizamientos de 35 pies a más de 100L TFO. La formación sigue manteniendo su tendencia a construir ángulo además de que se produjo un cambio de más de 3° en el rumbo lo que conlleva a continuar aplicando deslizamientos pero esta vez en direcciones de TFO a más 120R. Finalmente la perforación del marcador 0-11 se cierra con una caída de ángulo a 71.59° de inclinación dado el número de deslizamientos aplicados allí.

Tabla V. 11. Plan versus Survey Hoyo CDM0002E-2 – Morichal - Marcador O-11

HOYO CDM0002E-2 (SLANT 2)									
PLAN					SURVEY				
MD (pies)	Inc (°)	Az (°)	TVD (pies)	DLS (°/100 pies)	MD (pies)	Inc (°)	Az (°)	TVD (pies)	DLS (°/100 pies)
4400	76.65	113.52	3056.27	0.11	4433	78.54	113.91	-	-
4500	76.73	113.6	3079.29	0.11	4490	78.67	114.4	3053.27	1.35
4600	76.8	113.69	3102.19	0.11	4614	81.69	110.61	3074.42	3.87
4700	76.87	113.78	3124.96	0.11	4739	77.72	108.22	3096.76	3.69
4800	76.95	113.87	3147.61	0.11	4865	74.86	110.49	3126.62	2.87
4900	77.02	113.95	3170.14	0.11	4991	71.59	113.39	3162.99	3.4
5000	77.09	114.04	3192.54	0.11	-	-	-	-	-

Tal como se aprecia en la tabla V.12. el promedio de las desviaciones abajo y a la derecha del plan son menores en el pozo con *StableLine™* AGS en relación al *slant 2* realizado sin la herramienta. Igualmente, se observa como oscilan los desfases a la derecha e izquierda del plan del *slant 2*, mientras que en el *slant 1* la desviación sólo ocurre en una dirección horizontal, hacia la derecha del plan.

Tabla V. 12. Pies fuera del Plan en la sección tangencial – Morichal - Marcador O-11

DESVIACIÓN DEL PLAN SLANT 1					DESVIACIÓN DEL PLAN SLANT 2				
MD (pies)	Arriba del Plan (pies)	Abajo del Plan (pies)	Derecha del Plan (pies)	Izq. del Plan (pies)	MD (pies)	Arriba del Plan (pies)	Abajo del Plan (pies)	Derecha del Plan (pies)	Izq. del Plan (pies)
4504	-	19.81	0.08	-	4490	-	20.28	-	12.03
4630	-	18.79	2.76	-	4614	-	27.48	-	9.99
4756	-	13.96	5.55	-	4739	-	33.8	-	1.13
4880	-	8.93	8.03	-	4865	-	32.43	8.79	-
-	-	-	-	-	4991	-	23.87	13.47	-
<b>PROM.</b>	-	<b>15.373</b>	<b>4.105</b>	-	-	-	<b>27.572</b>	<b>11.13</b>	<b>7.717</b>



V.2.1.5. Plan versus *Survey* en el Miembro Morichal - Marcador O-12

Evaluando la tabla V.13. se puede notar que los ángulos acimutales alcanzados durante la construcción del *slant* 1 en esta sección estuvieron muy cerca a los planificados, menos de un grado desfasados del plan. En esta sección solo se hizo una orientación (ó deslizamiento), y el resto de las maniobras direccionales consistieron en hacer rotar la sarta de perforación. La orientación se hizo desde 4891 pies a 4906 pies con TFO de 45R, luego se rotó hasta salir del marcador O-12. El aumento de ángulo gradual de inclinación indica que dicha arena presenta una tendencia natural de elevación de ángulo puesto que solo se realizó un deslizamiento al inicio de la perforación en el marcador.

Los valores de DLS estuvieron por debajo de 1°/100pies lo que indica no hubo cambios bruscos en las direcciones de la trayectoria del hoyo. Asimismo, es de hacer notar que debido al control direccional alcanzado mientras se perforaba el marcador O-12 en hoyo CDM0001E-1, a 5257 pies se alcanzó el punto de mayor cercanía al plan desde el traspíe producto del lavado de la formación ocurrido durante la perforación del *slant* 1.

Tabla V. 13. Plan versus *Survey* Hoyo CDM0001E-1 – Miembro Morichal - Marcador O-12

HOYO CDM0001E-1 (SLANT 1)									
PLAN					SURVEY				
MD (pies)	Inc (°)	Az (°)	TVD (pies)	DLS (°/100 pies)	MD (pies)	Inc (°)	Az (°)	TVD (pies)	DLS (°/100 pies)
4921.26	73.95	73.1	3225.4	0	4915	72.48	72.73	-	-
5019.69	73.95	73.1	3252.61	0	5006	72.17	72.9	3245.03	0.8
5118.11	73.95	73.1	3279.82	0	5132	72.81	73.53	3282.94	0.7
5216.54	73.95	73.1	3307.03	0	5257	73.72	73.97	3318.93	0.8
5314.96	73.95	73.1	3334.24	0	5323	74.55	74.15	-	-

La tabla V.14. permite hacer un análisis del avance de la perforación respecto al plan en el marcador O-13 del miembro Morichal durante la elaboración de hoyo

CDM0002E-2. A este punto del trabajo se observa que durante este tramo la formación produjo sobre el conjunto de fondo una tendencia natural a levantar el ángulo de inclinación. Más del 90% de este tramo se perforó rotando, la tabla de estaciones de *survey* permite ver como incrementa el ángulo de inclinación, hasta ajustarse a menos de un grado de inclinación respecto al plan.

Tabla V. 14. Plan versus *Survey* Hoyo CDM0002E-2 – Morichal - Marcador O-12

HOYO CDM0002E-2 (SLANT 2)									
PLAN					SURVEY				
MD (pies)	Inc (°)	Az (°)	TVD (pies)	DLS (°/100 pies)	MD (pies)	Inc (°)	Az (°)	TVD (pies)	DLS (°/100 pies)
5100	77.16	114.13	3214.82	0.11	5116	74.35	116.6	3199.61	3.3
5200	77.24	114.22	3236.97	0.11	5241	74.88	115.81	3232.77	0.74
5300	77.31	114.31	3259	0.11	5307	75.72	115.49	-	-

De la tabla V.15. se puede concluir que el hoyo CDM0001E-1 se ajustó de mejor manera al plan comparado con su vecino, el CDM0002E-2. El promedio de las desviaciones fueron más bajas en el *slant* 1, la mayor diferencia se observa en el promedio de la desviación abajo del plan, la cual fue 2.85 pies en el *slant* 1 (realizado con AGS) y de 11.925 pies en el *slant* 2 (realizado sin la herramienta).

Tabla V. 15. Pies fuera del Plan en la sección tangencial – Morichal - Marcador O-12

DESVIACIÓN DEL PLAN SLANT 1					DESVIACIÓN DEL PLAN SLANT 2				
MD (pies)	Arriba del Plan (pies)	Abajo del Plan (pies)	Derecha del Plan (pies)	Izq. del Plan (pies)	MD (pies)	Arriba del Plan (pies)	Abajo del Plan (pies)	Derecha del Plan (pies)	Izq. del Plan (pies)
5006	-	4.47	9.48	-	5116	-	14.72	11.72	-
5132	-	1.23	9.25	-	5241	-	9.13	7.4	-
5257	0.28	-	7.88	-	-	-	-	-	-
<b>PROM.</b>	<b>0.28</b>	<b>2.85</b>	<b>8.87</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>11.925</b>	<b>9.56</b>	<b>-</b>

V.2.1.6. Plan versus *Survey* en el Miembro Morichal - Marcador O-13

Al inicio de la perforación del marcador 0-13, durante la construcción del *slant 1*, según se puede observar en la tabla V.16. de los puntos de *survey* que para esta sección hay un punto de inflexión en la tendencia de inclinación del pozo; la tendencia de elevación de ángulo característica del marcador O-12 cambia gradualmente a una disminución de ángulo, por lo que se decidió realizar un deslizamiento a la profundidad de 5520 pies con TFO de 45L de forma de evitar una mayor disminución de la inclinación. La respuesta a esta operación fue positiva: hubo incremento en los ángulos de inclinación.

Tabla V. 16. Plan versus *Survey* Hoyo CDM0001E-1 – Miembro Morichal - Marcador O-13

HOYO CDM0001E-1 (SLANT 1)									
PLAN					SURVEY				
MD (pies)	Inc (°)	Az (°)	TVD (pies)	DLS (°/100 pies)	MD (pies)	Inc (°)	Az (°)	TVD (pies)	DLS (°/100 pies)
-	-	-	-	-	5355	74.87	74.29	-	-
-	-	-	-	-	5383	74.31	74.59	3353.63	0.67
5413.39	73.95	73.1	3361.46	0	5449	72.19	74.77	-	-
5511.81	73.95	73.1	3388.67	0	5508	72.55	75.58	3389.27	1.6
-	-	-	-	-	5543	73.21	75.38	-	-

Por otra parte, haciendo una comparación del plan con las estaciones de *survey*, se puede notar que la trayectoria alcanzada, estuvo bastante cercana a la deseada, que los valores de DLS se mostraron cercanos a cero y los pies desviados estuvieron a menos de 6 pies alejados del plan por lo que se muestra buen control direccional en esta sección de la tangente del pozo.

La tabla V.17. muestra que mientras se hacía el hoyo CDM0002E-2, en esta sección no hubo mayores fluctuaciones en las inclinaciones ni en el rumbo como lo evidencian las estaciones de *survey*; así como también muestra que el DLS estuvo muy cercano al establecido en el plan. Esta arena se perforó bajo rotación en su

totalidad, en este caso la perforación se vio poco afectada por efecto de la litología formación.

Tabla V. 17. Plan versus Survey Hoyo CDM0002E-2 – Morichal - Marcador O-13

HOYO CDM0002E-2 (SLANT 2)									
PLAN					SURVEY				
MD (pies)	Inc (°)	Az (°)	TVD (pies)	DLS (°/100 pies)	MD (pies)	Inc (°)	Az (°)	TVD (pies)	DLS (°/100 pies)
5400	77.38	114.39	3280.91	0.11	5433	76.51	115.51	-	-
5500	77.46	114.48	3302.69	0.11	5492	76.97	115.73	3292.68	0.44

Los cálculos de las desviaciones respecto al plan de las trayectorias de ambos pozos en comparación, que se muestran en la tabla V.18., demuestran que los desfases tanto en direcciones verticales como horizontales fueron mayores en el pozo realizado sin el estabilizador de calibre ajustable en relación al pozo realizado con él.

Tabla V. 18. Pies fuera del Plan en la sección tangencial – Morichal - Marcador O-13

DESVIACIÓN DEL PLAN SLANT 1					DESVIACIÓN DEL PLAN SLANT 2				
MD (pies)	Arriba del Plan (pies)	Abajo del Plan (pies)	Derecha del Plan (pies)	Izq. del Plan (pies)	MD (pies)	Arriba del Plan (pies)	Abajo del Plan (pies)	Derecha del Plan (pies)	Izq. del Plan (pies)
5383	0.15	-	4.89	-	5367	-	5.58	4.46	
5508	1.28	-	1.23	-	5492	-	4.11	1.87	-
<b>PROM.</b>	<b>0.715</b>	<b>-</b>	<b>3.06</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>4.845</b>	<b>3.165</b>	<b>-</b>

#### V.2.1.7. Plan versus Survey en el Miembro Morichal - Marcador O-14

Dada la primera estación de *survey* de la tabla V.19. resalta que la trayectoria del pozo a 5574 pies MD se encuentra bastante cerca a la trayectoria establecida en el plan. Sin embargo, como se observa en la *slide sheet* el equipo direccional decide aplicar un deslizamiento de 25 pies a 5618 pies MD, con TFO a 55L. Esta acción se

hace aun cuando la trayectoria está sumamente ajustada al plan, debido a que los operadores suelen mantener alrededor de un par de grados de inclinación por encima de lo planificado ya que esta acción les asegura en gran medida, aterrizar el pozo en el objetivo establecido de manera exitosa; si se llegara a producir una caída de inclinación no deseada, producto quizás de la tendencia natural de la formación durante la perforación, esto evitaría llegar al target, dado que se tendría que levantar la inclinación en contra de la tendencia de la formación y aunado a este efecto también se presenta el hecho que la sarta viaja en contra de la gravedad por lo que es más difícil levantar ángulo que tumbar.

El deslizamiento realizado también logró ajustar el ángulo acimutal a lo planificado; se puede ver en la tabla V.19. que a 6010 pies MD se logro estar a 74.1, a un grado más de lo planeado. Finalmente, se observa que después de realizado el deslizamiento, el levantamiento en ángulo ocurre en el resto del marcador O-14 mientras se rota, por lo que se deduce es esta la tendencia natural de la formación en este marcador.

Tabla V. 19. Plan versus Survey Hoyo CDM0001E-1 – Miembro Morichal - Marcador O-14

HOYO CDM0001E-1 (SLANT 1)									
PLAN					SURVEY				
MD (pies)	Inc (°)	Az (°)	TVD (pies)	DLS (°/100 pies)	MD (pies)	Inc (°)	Az (°)	TVD (pies)	DLS (°/100 pies)
5610.24	73.95	73.1	3415.88	0	5574	73.71	75.59	/	/
5708.66	73.95	73.1	3443.09	0	5633	75.9	74.77	3423.25	2.75
5807.09	73.95	73.1	3470.31	0	5759	76.6	74.59	3453.2	0.57
5905.51	73.95	73.1	3497.52	0	5885	77.04	74.24	3481.93	0.44
6003.94	73.95	73.1	3524.73	0	6010	77.92	74.1	3509.03	0.71

En el análisis de la tabla V.20. en conjunto con la hoja de seguimiento de actividades del equipo direccional, se observa que hubo un aumento de poco más de un grado de inclinación entre las primeras estaciones de *survey* de la tabla, lo que se traduce en una construcción de ángulo mientras se rota gracias a la tendencia natural que

ofrece el marcador O-14, esta tendencia es estimulada posteriormente con un deslizamiento de 15 pies a una profundidad de 5747 pies MD a 40R TFO con lo que se logra un aumento en la inclinación al salir de este marcador en el miembro Morichal de casi 2 grados, el cual se observa en el último *survey* de la tabla V.20. Finalmente, comparando los datos del plan con los *survey*, se observa que el equipo direccional tuvo como intención en esta sección de posicionar la sarta de perforación por encima de lo propuesto en el plan; casi dos grados de elevación a lo sugerido, manteniendo como premisa sostener el control direccional en la construcción de este hoyo lo mayor posible. Por otro lado, el equipo de geología solicitó aumentar la inclinación al máximo posible antes de llegar a la profundidad target para poder observar lo mayor posible el espesor de este marcador.

Tabla V. 20. Plan versus *Survey* Hoyo CDM0002E-2 – Miembro Morichal - Marcador O-14

HOYO CDM0002E-2 (SLANT 2)									
PLAN					SURVEY				
MD (pies)	Inc (°)	Az (°)	TVD (pies)	DLS (°/100 pies)	MD (pies)	Inc (°)	Az (°)	TVD (pies)	DLS (°/100 pies)
5600	77.53	114.57	3324.35	0.11	5619	76.33	114.18	3322	1.29
5700	77.6	114.66	3345.88	0.11	5743	77.54	114.58	3350.03	1.03
5800	77.68	114.74	3367.29	0.11	5868	79.12	115.11	3375.32	1.33

De la tabla V.21. de pies fuera del plan en la sección del marcador O-14 de los hoyos *slant* se observa que esta vez el desfase más pronunciado correspondió al hoyo realizado con AGS, esto es debido principalmente a que el equipo de geología solicitó el aumento de inclinación lo más posible para observar el cambio de espesor en este marcador.

Tabla V. 21. Pies fuera del Plan en la sección tangencial – Miembro Morichal - Marcador O-14

DESVIACIÓN DEL PLAN <i>SLANT</i> 1					DESVIACIÓN DEL PLAN <i>SLANT</i> 2				
MD (pies)	Arriba del Plan (pies)	Abajo del Plan (pies)	Derecha del Plan (pies)	Izq. del Plan (pies)	MD (pies)	Arriba del Plan (pies)	Abajo del Plan (pies)	Derecha del Plan (pies)	Izq. del Plan (pies)
5633	0.66	-	-	3.11	5619	-	2.27	0.89	-
5759	-	4.39	-	6.44	5743	-	0.89	1.41	-
5885	-	10.68	-	9.23	5868	-	2.34	1.17	-
6010	-	18.34	-	11.48					
<b>PROM.</b>	<b>0.66</b>	<b>11.137</b>	<b>-</b>	<b>7.565</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>1.83</b>	<b>1.1567</b>	<b>-</b>

### V.2.2. Análisis de los parámetros de perforación

A través de la siguiente serie de tablas se pretende hacer un contraste entre los parámetros utilizados durante la perforación de los hoyos *slant* CDM0001E-1 Y CDM0002E-2, con lo cual se procura evaluar el uso de la herramienta *StableLine*™ AGS. Los valores de estas tablas fueron sintetizados de la hoja *slide sheet*, y agrupados de acuerdo a su recolección en los miembros escogidos para el análisis de la formación Oficina, atravesados durante la perforación de los hoyos *slant*. Se hizo un promedio de cada parámetro según los datos obtenidos durante la perforación.

#### V.2.2.1. Parámetros de perforación – Miembro Pilón

En el miembro Pilón (ver tabla V.22.) se puede notar que los valores de los parámetros WOB, RPM en rotaria, RPM en motor de fondo, y galonaje (GPM) tuvieron un incremento leve en el hoyo CDM0002E-2 perforado sin *StableLine*™ AGS respecto al hoyo CDM0002E-1, el cual fue perforado con el estabilizador. El parámetro que tuvo la diferencia más pronunciada en este tramo fue el Torque en rotaria, el hoyo CDM0002E-1 hecho con AGS tuvo un 65% menos torque que el realizado sin el estabilizador. La diferencia en los valores de presión mientras se realizaban estos pozos se deduce se debe principalmente por el diferencial que levanta el estabilizador de calibre ajustable mientras este tiene sus aletas

completamente extendidas. Finalmente, hubo una tasa de penetración (ROP) 13% mayor mientras se perforaba con el estabilizador.

Tabla V. 22. Parámetros operacionales durante perforación de Miembro Pilón

	<b>MIEMBRO PILÓN</b>	
	<b>CDM0001E-1 (SLANT 1)</b>	<b>CDM0002E-2 (SLANT 2)</b>
<b>WOB (KLBS)</b>	11	14
<b>RPM Rotaria</b>	48	55
<b>RPM MDF</b>	120	134
<b>Torque Rotaria (KLBS.PIE)</b>	2000	5750
<b>GPM</b>	412	462
<b>P.P. (LPC)</b>	1325	1209
<b>ROP(PIES/HORA)</b>	112	98

#### V.2.2.2. Parámetros de perforación – Miembro Jobo

Como evidencia la tabla V.23. tendencia en los parámetros WOB, RPM rotaria, RPM MDF y GPM mostrada en el miembro Pilón se mantuvo mientras se perforaba Jobo: hubo un incremento leve de estos valores en el *slant 2* respecto al *slant 1*. En esta sección hubo problemas técnicos con el funcionamiento de las bombas de lodo, estas dejaron de funcionar por lo que se registraron valores muy bajos de presión (menos de 350LPC), de allí que la estimación promedio de Presión se viera afectada de tal modo que dicho parámetro cambió el comportamiento que había tenido en el miembro Pilón. El Torque en rotaria es 28% más elevado en el *slant 2* que el Torque registrado mientras se perforaba el *slant 1*.

Tabla V. 23. Parámetros operacionales durante perforación de Miembro Jobo

	<b>MIEMBRO JOBO</b>	
	<b>CDM0001E-1 (SLANT 1)</b>	<b>CDM0002E-2 (SLANT 2)</b>
<b>WOB (KLBS)</b>	14.1	15
<b>RPM Rotaria</b>	52	54
<b>RPM MDF</b>	118	134
<b>Torque Rotaria (KLBS.PIE)</b>	5600	7800
<b>GPM</b>	409	461
<b>P.P. (LPC)</b>	1489	1517
<b>ROP(PIES/HORA)</b>	281	354



Asimismo, de la tabla anterior se extrae, que la ROP se vio afectada, esto por los efectos de las fallas en las bombas de lodo, de forma que en este caso la tasa de penetración fue menor en el hoyo realizado con el estabilizador en estudio que en el hoyo realizado sin él.

#### V.2.2.3. Parámetros de perforación – Miembro Yabo

La tendencia en cada uno de los parámetros en el miembro Yabo es prácticamente igual a lo sucedido con estas en el miembro Pilón: en la tabla V.24. se nota que WOB, ROM Rotaria, RPM MDF y Galonaje mantienen sus valores promedio menores en el hoyo CDM0002E-1 respecto al hoyo CDM002E-2, esto es, se requiere menor esfuerzo por parte de las herramientas de perforación en la construcción del *slant 1* que en la construcción del *slant 2* mientras se atraviesa el miembro Yabo de la Formación Oficina. De igual forma, el Torque en la mesa rotaria se ve disminuido en un 16 % cuando se perfora con *StableLine™* AGS en este tramo. Por otro lado, el valor promedio de la presión se muestra más elevado en el hoyo hecho con el estabilizador de calibre ajustable respecto al hoyo que se hizo sin este, dado al diferencial de presión que levanta cuando se activa. Por último, el *slant 1* mostró una mejor ROP que el *slant 2*.

Tabla V. 24. Parámetros operacionales durante perforación de Miembro Yabo

	MIEMBRO YABO	
	CDM0001E-1 (SLANT 1)	CDM0002E-2 (SLANT 2)
<b>WOB (KLBS)</b>	17	18
<b>RPM Rotaria</b>	55	65
<b>RPM MDF</b>	121	137
<b>Torque Rotaria (KLBS.PIE)</b>	7000	8333
<b>GPM</b>	464	471
<b>P.P. (LPC)</b>	2008	1760
<b>ROP(PIES/HORA)</b>	207	190

V.2.2.4. Parámetros de perforación – Miembro Morichal - Marcador O-11

Los parámetros WOB, RPM MDF y GPM se mantuvieron ligeramente menor en la construcción del *slant* 1 respecto a cómo estuvieron en el *slant* 2. La RPM Rotaria muestra una tendencia desigual a lo sucedido en los miembros superiores de la formación Oficina, debido a la falla del motor ocurrida en la construcción del hoyo CDM0002E-1; la RPM Rotaria es mayor en el *slant* 1. El diferencial de presión necesario para activar el AGS hace que la Presión promedio sea mayor durante la construcción de hoyo CDM0002E-1 que en el hoyo CDM0002E-2. La ROP en este tramo fue 38% mayor cuando se usa AGS que cuando no. (Ver tabla V.25.)

Tabla V. 25. Parámetros operacionales durante perforación del Marcador O-11 - Miembro Morichal

	<b>MIEMBRO MORICHAL - MARCADOR O-11</b>	
	<b>CDM0001E-1 (SLANT 1)</b>	<b>CDM0002E-2 (SLANT 2)</b>
<b>WOB (KLBS)</b>	14.4	17.2
<b>RPM Rotaria</b>	57	48
<b>RPM MDF</b>	134	141
<b>Torque Rotaria (KLBS.PIE)</b>	7080	7072
<b>GPM</b>	449	486
<b>P.P. (LPC)</b>	2050	1925
<b>ROP(PIES/HORA)</b>	208	129

V.2.2.5. Parámetros de perforación – Miembro Morichal - Marcador O-12

En el marcador O-12 (ver tabla V.26.) el Torque en rotaria se muestra más elevado en el hoyo CDM0002E-1 dado que debió hacerse un viaje a superficie producto del cambio de motor. Un viaje de tuberías a superficie implica que la sarta de tuberías quede liberada de momento de torsión; el torque empieza a aplicarse a la sarta al llegar a la profundidad del hoyo donde ocurrió la falla para continuar el trabajo de perforación, mientras que en el hoyo donde no ocurrió se aplica torque desde mucho antes, más cerca a superficie, acumulando un momento de torsión en toda la perforación. WOB, RPM Rotaria, RPM MDF y GPM tienen valores menores en el

hoyo realizado con AGS a los que se obtuvieron en el pozo realizado sin este, aunque esta diferencia se nota mucho más cerrada en esta sección que en las otras que han sido perforadas hasta llegar a este marcador, lo que a su vez se debe a todo la restauración del proceso de perforación debido al viaje de tuberías motivado por la falla en el motor de fondo. La ROP en la perforación de esta parte del miembro Morichal fue 19% más alta en la construcción del hoyo CDM0002E1 comparada con el CDM0002E2.

Tabla V. 26. Parámetros operacionales durante perforación del Marcador O-12 - Miembro Morichal

	<b>MIEMBRO MORICHAL - MARCADOR O-12</b>	
	<b>CDM0001E-1 (SLANT 1)</b>	<b>CDM0002E-2 (SLANT 2)</b>
<b>WOB (KLBS)</b>	19.1	20.5
<b>RPM Rotaria</b>	48	53
<b>RPM MDF</b>	124	125
<b>Torque Rotaria (KLBS.PIE)</b>	8000	6500
<b>GPM</b>	428	431
<b>P.P. (LPC)</b>	1768	1633
<b>ROP(PIES/HORA)</b>	299	252

#### V.2.2.6. Parámetros de perforación – Miembro Morichal - Marcador O-13

El número de vueltas de la mesa rotaria (RPM Rotaria) se ve disminuido en el CDM0002E-2 para asegurar mayor control direccional atravesando la arena del marcador O-13 (Ver tabla V.27.). El *StableLine*<sup>™</sup> AGS ayudaba a mantener estable la dirección del hoyo CDM0002E-1 con lo cual se podía usar más RPM en la mesa rotaria. A su vez, como consecuencia, el motor de fondo también tiene más revoluciones en *slant 2* respecto a las que se observan en el *slant 1*. Por otra parte, la tendencia en los valores promedio de WOB, GPM y Presión se mantiene como en la mayoría de los miembros anteriores perforados: todos se observan menores en el primer *slant*; lo cual permite deducir que se requiere menor esfuerzo de los equipos y herramientas usados durante su perforación. Además, se observa el aumento del torque en rotaria producto del momento de torsión acumulado en la sarta desde el

reinicio de la perforación en el marcador 0-11. En un 28% fue más elevada la rata de perforación en el *slant* 1 que en el *slant* 2. La diferencia de las presiones está asociada al incremento de presión producido cuando se activa el estabilizador de calibre ajustable.

Tabla V. 27. Parámetros operacionales durante perforación del Marcador O-13 - Miembro Morichal

	<b>MIEMBRO MORICHAL - MARCADOR O-13</b>	
	<b>CDM0001E-1 (SLANT 1)</b>	<b>CDM0002E-2 (SLANT 2)</b>
<b>WOB (KLBS)</b>	15	16
<b>RPM Rotaria</b>	55	45
<b>RPM MDF</b>	125	128
<b>Torque Rotaria (KLBS.PIE)</b>	8333	6750
<b>GPM</b>	432	440
<b>P.P. (LPC)</b>	1919	1670
<b>ROP(PIES/HORA)</b>	437	316

#### V.2.2.7. Parámetros de perforación – Miembro Morichal - Marcador O-14

Haciendo una observación breve sobre la tabla de los parámetros de perforación en el marcador O-14 se puede notar que WOB, RPM Rotaria, RPM MDF, Torque Rotaria y Presión presentan el mismo comportamiento que en el marcador 0-13. Se infiere que esto es producto a que ambos marcadores comparten la misma litología; de allí que, los análisis de estos parámetros realizados anteriormente en la arena O-13 son completamente análogos a lo que ocurre con ellos en esta sección. (Ver tabla V.28.)

Tabla V. 28. Parámetros operacionales durante perforación del Marcador O-14 - Miembro Morichal

	<b>MIEMBRO MORICHAL - MARCADOR O-14</b>	
	<b>CDM0001E-1 (SLANT 1)</b>	<b>CDM0002E-2 (SLANT 2)</b>
<b>WOB (KLBS)</b>	16.3	17
<b>RPM Rotaria</b>	57	46
<b>RPM MDF</b>	133	128
<b>Torque Rotaria (KLBS.PIE)</b>	9875	9000
<b>GPM</b>	460	440
<b>P.P. (LPC)</b>	1876	1823
<b>ROP(PIES/HORA)</b>	170	167

### V.2.3. Deslizamientos y Rotaciones en los hoyos *slant* de la localización CD-AC

La tabla V.29. muestra la cantidad de pies deslizados y rotados en los miembros de la formación Oficina que se especifican en ella, muestra igualmente su equivalente en porcentaje respecto a los pies totales perforados.

Tabla V. 29. Deslizamientos y rotaciones durante la perforación de los hoyos *slant* en Loc. CD-AC

	CDM0001E 1 (SLANT 1)		CDM0002E 1 (SLANT 2)		Miembro
	Pies perforados	% Pies	Pies perforados	% Pies	
Deslizados	20	6.11621	15	6.7265	PILÓN
Rotados	307	93.8838	208	93.274	
Totales	327	100	223	100	
Deslizados	133	13.8976	109	10.728	JOBO
Rotados	824	86.1024	907	89.272	
Totales	957	100	1016	100	
Deslizados	50	52.0833	70	58.333	YABO
Rotados	46	47.9167	50	41.667	
Totales	96	100	120	100	
Deslizados	31	6.65236	243	35.371	MORICAL O-11
Rotados	435	93.3476	444	64.629	
Totales	466	100	687	100	
Deslizados	15	3.40136	30	9.5541	MORICAL O-12
Rotados	426	96.5986	284	90.446	
Totales	441	100	314	100	
Deslizados	25	9.96016	22	10.185	MORICAL O-13
Rotados	226	90.0398	194	89.815	
Totales	251	100	216	100	
Deslizados	25	5.69476	15	5.2265	MORICAL O-14
Rotados	414	94.3052	272	94.774	
Totales	439	100	287	100	

Tal como se observa, en la mayoría de los miembros el porcentaje de deslizamientos fue menor cuando se perforaba con *StableLine™* AGS que cuando se perforó sin él; exceptuando Jobo y el marcador O-14 del miembro Morichal. Lo que quiere decir,

que en general las labores de perforación se mostraron optimizadas en ese sentido. Cabe destacar que los deslizamientos en el miembro Jobo durante la construcción del hoyo CDM0002E-1, se realizaron principalmente para corregir la caída en el ángulo de inclinación producto de haber circulado lodo de perforación por más de cuatro horas por problemas con las bombas del trabajo, es decir, efectos ajenos al trabajo direccional.

Así mismo, se hace notar el porcentaje de deslizamiento logrado en el hoyo CDM0002E-1 contra el obtenido en el CDM0002E-2 durante la perforación del marcador O-11, los cuales fueron 6% y 35% respectivamente. Entrar en esta sección representó un cambio litológico, dado que se venía perforando lutitas en el miembro Yabo y, Morichal está compuesto por arenas, las cuales son formaciones blandas que incrementan la dificultad del control direccional, con lo que el uso del *StableLine*™ AGS queda justificado aún más en estos casos porque, dados cambios litológicos bruscos es capaz de disminuir considerablemente desfases entre lo establecido en el plan y lo realmente alcanzado durante la operación, como se evidencia en la perforación del marcador O-11.

### **V.3. ESTUDIO ECONÓMICO *STABLELINE*™ AGS**

Las figuras V.9. y V.10., muestran los resultados obtenidos de los tiempos acumulados durante la perforación de los hoyos *slant* en la localización CD-AC. La curva azul representa el tiempo acumulado de las operaciones planificadas por PDVSA, la curva de color rojo representa el tiempo real total acumulado durante la perforación mientras que la curva verde representa el tiempo efectivo acumulado total. El tiempo efectivo equivale al tiempo alcanzado durante la perforación efectiva, esto es, durante los deslizamientos y rotaciones.

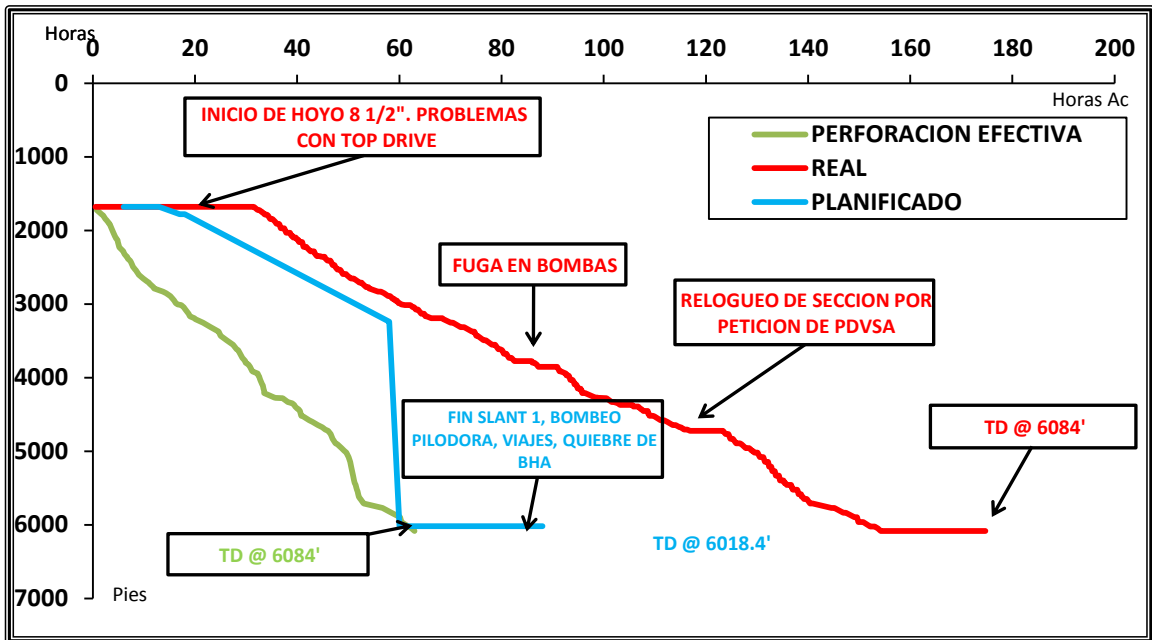


Figura V. 9. Tiempo planificado, tiempo real total y tiempo efectivo – Hoyo CDM0001E-1 (Slant 1)

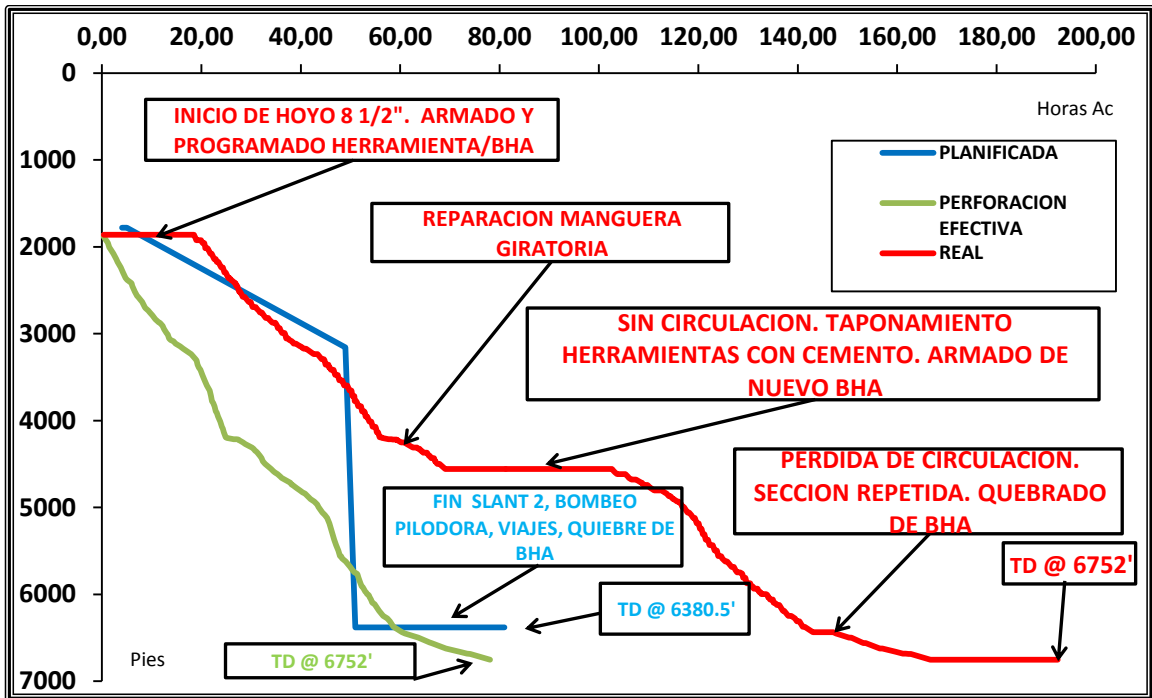


Figura V. 10. Tiempo planificado, tiempo real total y tiempo efectivo – Hoyo CDM0002E-2 (Slant 2)

Como se comprueba en las tablas 2.2 y 2.4 del anexo 2, el tiempo total real para la realización de los pozos *slants* 1 y 2 fueron de 174 y 196 horas acumuladas, respectivamente. En las figuras V.9. y V.10. se aprecia que el comportamiento de la curva de tiempo real se mantiene horizontal, sin avances en perforación, está asociado a problemas operacionales del taladro o de alguna herramienta, así como también de algún trabajo de acondicionamiento. Asimismo de las tablas en el anexo 2 se sustrae que el tiempo efectivo de perforación en el *slant* 1 fue de 62.97 horas acumuladas mientras que en el *slant* 2 fue de 78.08 horas acumuladas.

En el caso del primer *slant* un total de 4504 pies se perforaron mientras que en el segundo *slant*, se lograron perforar 4891 pies. Se obtuvo una ROP efectiva en el hoyo en el que operaba el estabilizador de calibre ajustable de 72 pph, entretanto el hoyo que se hizo sin la herramienta la ROP efectiva alcanzada fue de 62 pph. Si se hace una comparación entra ambas operaciones de perforación, se tiene que en el pozo realizado con *StableLine™* AGS se obtuvieron 4504 pies en 62.6 horas de perforación efectiva y en el pozo realizado sin el estabilizador alcanzó esta misma cantidad en 72.7 horas de perforación. Según el programa de perforación estipulado por PDVSA, respecto a la estimación de tiempos de operación y sus gastos asociados, la realización de los pozos *slant* en la localización CD-AC tiene como cifra de gastos referencial: 40103 dólares por día. Considerando que, en el pozo en el que se usó *StableLine™* AGS el tiempo efectivo de perforación se reduce hasta un 13.9% respecto al pozo que se construyó sin éste. Si se hubiera usado el estabilizador en la construcción del hoyo en el *slant* 2 se pudiera ahorrar hasta 5574 dólares por día en la realización de este trabajo.



## CONCLUSIONES

1. Se logró establecer la base teórica que describe los mecanismos, funciones y partes del *StableLine™* AGS, el estabilizador de calibre ajustable desarrollado por la compañía *Weatherford*.
2. Obtener la descripción geológica de la localización CD-AC, permitió hacer un análisis del estabilizador de calibre ajustable perforando según cambios litológicos.
3. Se recopilaron los parámetros necesarios para la evaluación del *StableLine™* AGS en tiempo real. Dichos parámetros fueron la base para hacer las simulaciones en DEPRO® de torque y arrastre de los pozos *slant* CDM0001E-1 y CDM0002E-1, así como también para el análisis comparativo entre ambos pozos a forma de indagar en el rendimiento operacional del estabilizador.
4. El simulador DEPRO® permitió observar que el desarrollo de las operaciones de perforación direccional en el hoyo realizado sin AGS se muestra afectado en mayor medida por torque y arrastre que en el hoyo construido con el estabilizador. La carga en el gancho, el torque en superficie, el par de torsión en toda la sarta y la fuerza axial fueron evaluados evidenciando que en el uso de *StableLine™* AGS mejora la perforación.
5. Del rendimiento operacional del estabilizador de calibre ajustable se tiene que:
  - El pozo *slant* 1, construido con el estabilizador de calibre ajustable de *Weatherford*, se apegó en mayor medida al plan de perforación en todas los miembros de la Formación Oficina, comparado con el *slant* 2 hecho sin el estabilizador; excepto en los miembros Jobo y Yabo.

-El uso del AGS permitió disminuir la cantidad de deslizamientos en la sección tangencial del primer *slant* a un 10.7%, en contraste con el 20.4% de deslizamientos del segundo *slant*.

El estabilizador de calibre ajustable, ofrece un mejor control de ángulo acimutal.

-El cotejo de los parámetros operacionales de los hoyos CDM0001E-1 y CDM0002E-1 arrojó que la implementación del *StableLine™* AGS durante la construcción de hoyos *slant* disminuye los torque y arrastre sobre la sarta de perforación. De igual manera se sustrae del cotejo, que las operaciones realizadas por el taladro de perforación requieren menos energía pudiendo alargar la vida útil de sus componentes.

6. El estudio de los tiempos de perforación, mostró que cuando el AGS es incorporado en el BHA durante la construcción de hoyos *slant* pudieran ahorrarse hasta 14% de los gastos requeridos en perforación direccional.

## RECOMENDACIONES

1. Utilizar los ensamblajes de fondo implementados en la Localización CD-AC, con las mismas características para pozos *slant* en el campo Cerro Negro, ya que se obtuvo buena respuesta de los mismos y no presentaron mayores dificultades operacionales.
2. Dar continuidad a estudios comparativos de perforación de pozos *slant* para certificar en mayor medida el uso del estabilizador de calibre ajustable.
3. Hacer un estudio económico con indicadores económicos para asegurar que el uso de la herramienta *StableLine*<sup>™</sup> AGS es rentable en la perforación de pozos *slant* de la FPO.
4. Probar el estabilizador de calibre ajustable en formaciones que presenten mayor dureza; se presume que en estas formaciones las aletas del estabilizador estarían en contacto más estable con las paredes del hoyo permitiendo así mayor efectividad en el uso que se le desee dar.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. CIED. "Perforación Direccional. 1997.
2. Febres, J. y Guevara, C. (2009). Perforación direccional. Trabajo no publicado, Universidad de Oriente, Maturín
3. Schlumberger Anadrill (1996) Directional Drilling Training Manual. Pag 1,3-1.8
4. Tema 2 - Perforación direccional. Consultado el 14 de agosto de 2012 en <http://www.scribd.com/doc/25003704/Perforacion-direccional/>
5. Schlumberger Anadrill. (1996). Directional Drilling Training Manual.
6. Sperry Drilling services. (2007) Direccional Drilling. Well Planning.
7. Computalog Drilling Services. (2007) Directional Drilling I.
8. Nadales M. y Ramirez K. (2008) Selección del taladro óptimo para la perforación de los pozos productores de la Faja Petrolífera del Orinoco. Trabajo Especial de Grado. Inédito. Universidad Central de Venezuela, Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería de Petróleo. Caracas.
9. Bourgoyne Jr., A, Millhein K., Chenevert M., Young Jr. F.S. (1991) Applied Drilling Engineering, 2da ed. Texas, Estados Unidos de América.
10. Ramírez G., Marianela J. (2012). Determinación de la factibilidad del uso del rotativo direccional en perforación de pozos horizontales en la fase de navegación. Trabajo de Grado. Inédito. Universidad de Oriente, Barcelona.
11. Rowe M. (1976). Heavy-Wall Drill Pipe, A key Member of the Drill Stem.
12. Acosta, Javier. (2007). Evaluación de las actividades de perforación direccional en el pozo horizontal MFB-373, Campo Bare, Distrito social San Tomé, Estado Anzoátegui. Tesis de grado. Universidad de Oriente, Maturín.

13. Computalog Drilling Services. (s.f.) Herramientas de Perforación.
14. Weatherford. (2011). Revolution Rotary Steerable System Handbook (2ed.). Weatherford International LTD, Houston.
15. Rivas R., Víctor H. (2011). Optimización de sarta de perforación para pozos horizontales. Trabajo especial de grado. Inédito. Universidad Central de Venezuela, Caracas.
16. Gordon, O. (2011). Seminario de mechas de perforación nivel básico. (PDVSA) Recuperado el 12 de Julio de 2012, de <http://es.scribd.com/doc/48993101/CURSO-MECHAS-DE-PERFORACION-FINAL/>
17. Maraguacare, Betsy. (2006). Evolución geomecánica y optimización hidráulica de los pozos del campo Norte Zuata del proyecto San Cristóbal Tesis de grado, Universidad de Oriente. Núcleo Anzoátegui, Departamento de Petróleo, Barcelona.
18. Goatache, D. (1998). Consideraciones para perforar cerca del balance la sección horizontal del pozo 11-M-267 del Campo Acema 200 - Distrito Anaco. Tesis de grado. Inédito. Universidad de Oriente. Núcleo Anzoátegui, Departamento de Mecánica, Barcelona.
19. Anadrill Technique. (1996). Direccional Drilling Training Manual. Sugar Land: Mike Smith.
20. Baker Hughes Company. (1990). Direccional Drilling.
21. Weatherford. (2011). Instrucciones Operativas – Estabilizador de Calibre Ajustable.
22. Techdrill International LTD. (2003). DPS-ONE. Manual Técnico.
23. API. (2006). Recomendaciones prácticas 7G.

24. Weatherford. (2006). Data Quality Analysis III. Weatherford International LTD, Houston.
25. Advance Products & Systems Technology. (2008). WellDrill – Hoja de datos técnicos. Consultado el 29 de julio de 2012 en la página web de servicios profesionales: <http://www.aps-tech.com/esp/TDS-esp/APS-WellDrill-esp.pdf>.
26. Quilen S., Keyla. (2006). Integración de atributos sísmicos con datos petrofísicos para determinar zonas prospectivas, arena L2M, área de Finca – Yopales, Edo. Anzoátegui. Tesis de grado. Inédito. Universidad Simón Bolívar, Caracas.
27. Ministerio de Energía y Minas. (1997). Léxico Estratigráfico de Venezuela (3ed). Caracas.
28. Hernández, N. (2008). Economía y políticas energéticas. Consultado el 3 de mayo de 2013, pagina web: <http://www.slideshare.net/energia/faja-petrolifera-del-orinoco>
29. Talwani, M. (2002). The Orinoco heavy oil Belt in Venezuela. Consultado el 3 de mayo de 2013, en la pagina web: <http://www.bakerinstitute.org/publications/the-orinoco-heavy-oil-belt-in-venezuela-or-heavy-oil-to-the-rescue>
30. Barreto D. y García A. (2012). Diseño de arquitectura de pozos para macollas del área de PetroIndependencia División Carabobo, Faja Petrolífera del Orinoco. Trabajo Especial de Grado. Inédito. Universidad Central de Venezuela, Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería de Petróleo. Caracas.
31. PDVSA – Dirección Ejecutiva Faja Petrolífera del Orinoco – División Carabobo – Distrito Morichal – Gerencia de Yacimientos. (2012). Plan de captura de información 2012, Localización CD-AC, Área Intercampos Cerro Negro – Morichal, Yacimiento OFIM CNX 5. Morichal.

## BIBLIOGRAFÍA

- ✓ Acosta, Javier. (2007). Evaluación de las actividades de perforación direccional en el pozo horizontal MFB-373, Campo Bare, Distrito social San Tomé, Estado Anzoátegui. Tesis de grado. Universidad de Oriente, Maturín.
- ✓ Anadrill Technique. (1996). Direccional Drilling Training Manual. Sugar Land: Mike Smith.
- ✓ Barreto D. y García A. (2012). Diseño de arquitectura de pozos para macollas del área de PetroIndependencia División Carabobo, Faja Petrolífera del Orinoco. Trabajo Especial de Grado. Inédito. Universidad Central de Venezuela, Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería de Petróleo. Caracas.
- ✓ PDVSA – Dirección Ejecutiva Faja Petrolífera del Orinoco – División Carabobo – Distrito Morichal – Gerencia de Yacimientos. (2012). Plan de captura de información 2012, Localización CD-AC, Área Intercampos Cerro Negro – Morichal, Yacimiento OFIM CNX 5. Morichal.
- ✓ Ramírez G., Marianela J. (2012). Determinación de la factibilidad del uso del rotativo direccional en perforación de pozos horizontales en la fase de navegación. Trabajo de Grado. Inédito. Universidad de Oriente, Barcelona.
- ✓ Rivas R., Víctor H. (2011). Optimización de sarta de perforación para pozos horizontales. Trabajo especial de grado. Inédito. Universidad Central de Venezuela, Caracas.
- ✓ Weatherford. (2006). Data Quality Analysis III. Weatherford International LTD, Houston.

## APÉNDICES

### APÉNDICE A. SELECCIÓN DE OBTURADOR DE CARBURO

(1) Determinar la caída de intensidad de señal deseada. La intensidad de señal recomendada es de entre 200 psi y 250 psi.

(2) Realizar un cálculo para determinar la intensidad de señal en el gráfico de tamaños de obturadores de estabilizadores de calibre ajustable. Los gráficos de tamaños de obturadores de estabilizador de calibre ajustable (Figura A.1, figura A.2 y figura A.3 013-1) incluyen una caída de intensidad esperada para cada tamaño de obturador dada la velocidad de flujo del agua. Debe realizarse un cálculo para convertir la intensidad de señal en lodo deseada en las intensidades de señal del gráfico. La fórmula incluida abajo se aplica a valores del sistema métrico e imperial.

#### Cálculo de conversión de intensidad de señal

$\rho_w$  = densidad del agua

$\rho_m$  = densidad del lodo (peso del lodo)

$\Delta P_{dh}$  = caída de intensidad de señal deseada de fondo de pozo

$\Delta P_c$  = caída de intensidad de señal en el gráfico de configuración de obturador de estabilizador de calibre ajustable

$$(\rho_w \div \rho_m) \times \Delta P_{dh} = \Delta P_c \quad (A.1)$$

$\rho_w$  = densidad del agua =  $1000 \text{ kg/m}^3 = 8,33 \text{ ppg}$

Ejemplo: La intensidad de señal deseada de fondo del pozo es de 225 psi y el peso del lodo es de 12 ppg.

$\Delta P_{dh} = 225 \text{ psi}$

$\rho_m = 12 \text{ ppg}$



Dada la ecuación (A.1):  $(8.33 \text{ ppg} \div 12 \text{ ppg}) \times 225 \text{ psi} = 156 \text{ psi}$  (Intensidad de señal en el gráfico)

(3) En el gráfico adecuado de tamaños de obturadores, buscar la intensidad de señal más cercana sobre el eje X. Se debe redondear hacia arriba para obtener una mayor intensidad de señal y así asegurarse de que la intensidad de señal calculada se esté utilizando.

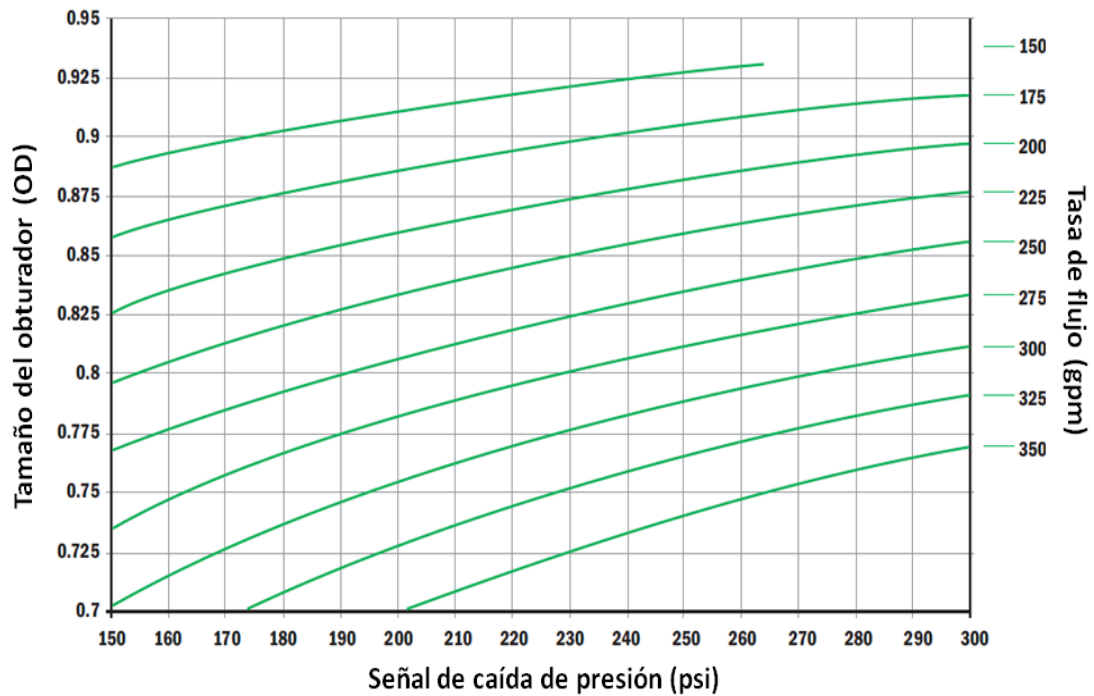
(4) Del lado derecho del gráfico, buscar la línea con la velocidad de flujo más cercana. Estimar la línea si no se encuentra cerca de una de las velocidades de flujo disponibles.

(5) Buscar el punto de intersección entre la línea de velocidad de flujo y la caída de intensidad de señal.

(6) Seguir ese punto en sentido horizontal hacia la izquierda y seleccionar el tamaño de obturador disponible más cercano. Esto brindará la intensidad de señal de fondo de pozo deseada aproximada.

Ejemplo: Utilizar la configuración de obturador de estabilizador de calibre ajustable de 8½". A partir del ejemplo anterior, la intensidad de señal calculada para el gráfico es de 156 psi. Después del redondeo hacia arriba, se selecciona 160 psi sobre el eje X. La velocidad de flujo es de 520 gpm. Seguir las líneas de 500 gpm y 550 gpm hasta encontrar el punto de intersección con 160 psi. Estimar dónde será el punto de intersección entre 520 gpm y 160 psi (ver como se sigue este proceso con la flechas en la figura A.2). Seguir el punto de intersección en sentido horizontal hacia la izquierda y, después de redondear hacia arriba, seleccionar el tamaño de obturador de carburo disponible más cercano: 1,050".

El tamaño de obturador de carburo dará una caída de intensidad de señal de fondo de pozo de aproximadamente 225 psi entre las posiciones abierta y cerrada del estabilizador de calibre ajustable, con el peso de lodo de 12 ppg en 520 gpm.



**Figura A. 1.** Gráfico de tamaños de obturadores de estabilizador de calibre ajustable de 6" y 6,125"

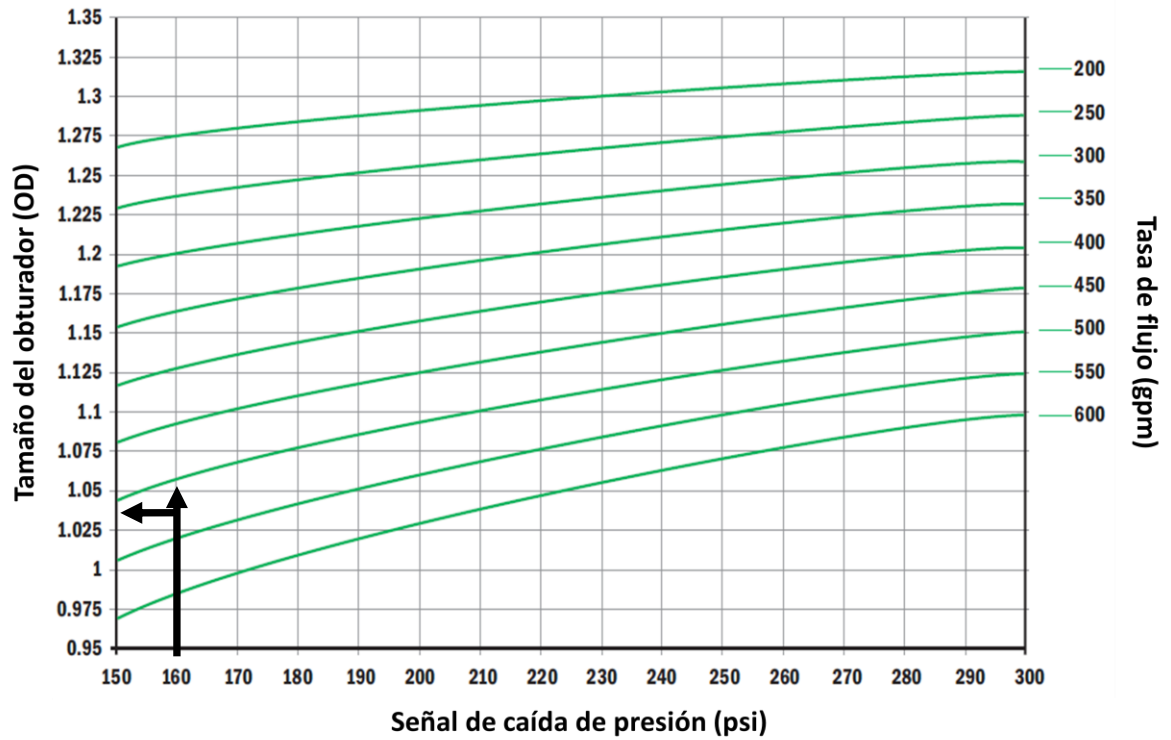


Figura A. 2. Gráfico de tamaños de obturadores de estabilizador de calibre ajustable de 8,50"

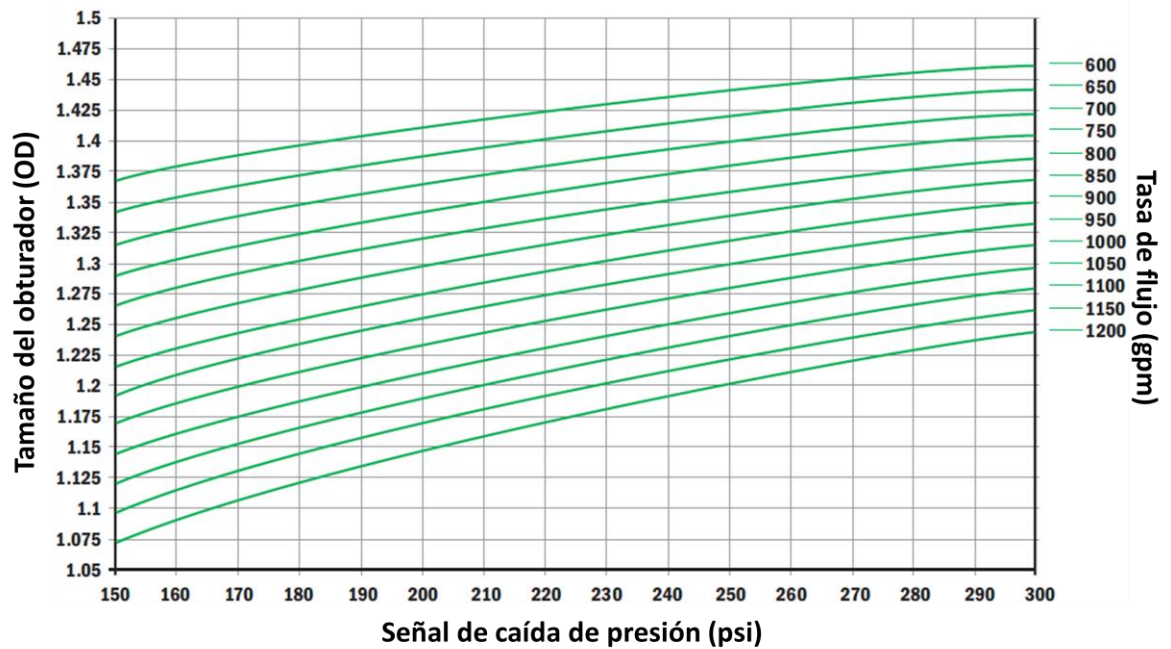


Figura A. 3. Gráfico de tamaños de obturadores de estabilizador de calibre ajustable de 12,250"

## **APÉNDICE B. PROCEDIMIENTO DE REEMPLAZO DE OBTURADOR DE *STABLELINE*<sup>TM</sup> AGS**

A continuación se describe el procedimiento para reemplazar el obturador en la parte inferior del estabilizador de calibre ajustable. Esto se requiere a fin de obtener la intensidad de señal correcta que indica si el estabilizador está en la posición abierta o cerrada durante su funcionamiento.

(1) Retirar el adaptador de reducción ubicado en la parte inferior del estabilizador de calibre ajustable.



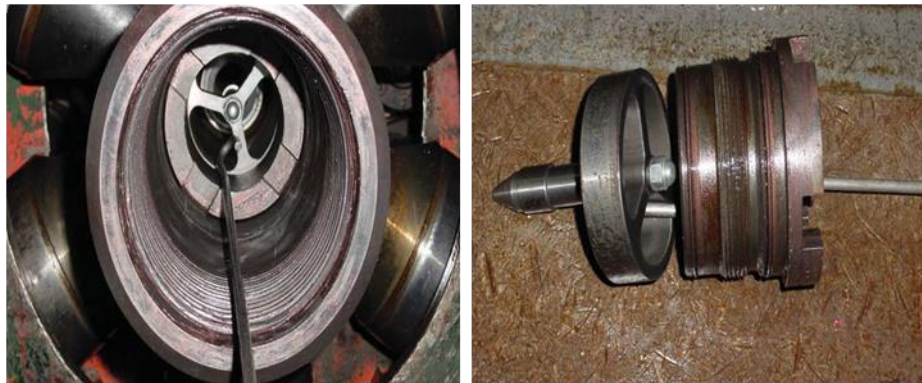
**Figura B. 1.**

(2) Insertar la llave de contratuerca, con el extremo de corona orientado hacia adelante, en la parte inferior del cuerpo del AGS. Desconectar el alojamiento de obturador de la contratuerca del obturador. (Ésta es una conexión ubicada a la derecha). Desenroscar la contratuerca de obturador.



**Figura B. 2.**

(3) Con una herramienta con gancho, sujetar el mamparo de obturador y retirar el mamparo de obturador, la arandela de espaciador de obturador y la contratuerca de obturador.



**Figura B. 3.**

(4) Desenroscar la tuerca ciega del extremo trasero del mamparo de obturador. Es probable que deba sujetarse el mamparo de obturador tal como se muestra en la figura, a fin de desenroscar la tuerca y retirar el pasador de espiga y la arandela de seguridad.



**Figura B. 4.**

(5) Quitar el dardo de obturador del mamparo de obturador. El obturador de carburo que debe reemplazarse está ubicado en el dardo de obturador sujeto con un o-ring (arandela de seguridad).



**Figura B. 5.**

(6) Medir el tamaño del obturador de carburo que debe instalarse. Consultar el gráfico de tamaños de obturadores.





**Figura B. 6.**


(7) Invertir los pasos previos para montar el mamparo de obturador. Es necesario tomar recaudos para no dañar ninguna de las piezas con el martillo.



**Figura B. 7.**

## ANEXOS

### ANEXO 1. INFORME DE SERVICIO DE STABLELINE™ AGS SERIAL #6753534 USADO EN TALADRO PTX-5810 EN LOCALIZACIÓN CDM-116



**Informe de servicio/Proceso PFT/Lista de verificación - Estabilizador de calibre ajustable**

Herramienta N.º: 6753534 OT N.º: \_\_\_\_\_

Fecha de inicio: 10/11/12 Fecha de finalización: 15/11/12

PVA 576

Disassembly				Técnico
1. Informe de campo presentado				
2. Realización de prueba de funcionamiento		(S) No	Razón: <u>No se realizaron Pruebas</u>	OK
3. Inspección de invasión de lodo		Si/No	Razón: _____	NO
4. Orificio <u>1500</u>		Medición de diámetro interno	Resorte de anillo de retención intacto	✓
5. Verificación de arandela alrededor de la ubicación del orificio				
6. Inspección de agrietamiento/desgaste de la superficie del mandril de sellado				
7. Inspección de arandela del pistón de fijación				
8. Inspección de agrietamiento/deformación del anillo partido del mandril				
9. Inspección de desgaste del resorte		Agrietado:		✓
		Desgastado:		✓
		Altura:		✓
10. Inspección de pistones radiales		Desgaste de superficie dura:		✓
		Desgaste en superficies laterales		✓
		Altura máxima medida	<u>3015</u>	✓
		Ancho medido	<u>2770</u>	✓
11. Inspección de mandril de rampa		Arandela/Corrosión por picadura de DI:		OK
		Desgaste de superficie de mandril de rampa:		OK
		Agrietamiento de lengüeta:		OK
12. Inspección de cuerpo de estabilizador		Conexiones API:		OK
		Arandela/Corrosión por picadura de DI:		OK
		Desgaste de superficie dura:		OK
		Arandela/Corrosión por picadura de cavidad de pistón:		OK
13. Montaje de alojamiento del obturador		Alojamiento del obturador	Reutilizar <input checked="" type="checkbox"/> Descartar <input type="checkbox"/>	
		Espaciador N.º 1	Reutilizar <input checked="" type="checkbox"/> Descartar <input type="checkbox"/>	
		Espaciador N.º 2	Reutilizar <input checked="" type="checkbox"/> Descartar <input type="checkbox"/>	
		Mamparo del obturador	Reutilizar <input checked="" type="checkbox"/> Descartar <input type="checkbox"/>	
		Dardo del obturador	Reutilizar <input checked="" type="checkbox"/> Descartar <input type="checkbox"/>	
14. Cilindro de leva			Reutilizar <input checked="" type="checkbox"/> Descartar <input type="checkbox"/>	
15. Inspección de terceros ~ Adjuntar documentos al grupo de órdenes de trabajo				
16. Inspección visual - Anotar los repuestos requeridos en la lista de piezas				
17. Entrega de las piezas averiadas para control de inventario con documentación donde conste la necesidad de reemplazo y almacenamiento de las piezas reutilizables en un lugar limpio/seco.				

Continúa en la página siguiente...

QF-DAG-F0015  
Página 1 de 2

*Este formulario contiene información confidencial y de propiedad exclusiva de Weatherford Canada Partnership y está destinado sólo para uso interno. Se prohíbe su copia, reproducción, divulgación a terceros, y toda otra utilización, total o parcial, para otro propósito o razón salvo aquél para el cual se emitió.*

Referencia: L3-DES-CA-QF-DAG-F0015

Rev. 0  
August 15, 2011





Informe de servicio/Proceso PFT/Lista de verificación - Estabilizador de calibre ajustable

Herramienta N.º: 6753534 OT N.º: \_\_\_\_\_

Fecha de inicio: 14/11/12 Fecha de finalización: 15/11/12

Montaje		Técnico
1. Comprobación de que todos los componentes estén limpios y disponibles		OK
2. Determinación de parámetros de fondo de pozo esperados		Promedio
Peso del lodo	98 lbs/gal	
Presión en el fondo del pozo	2300 psi	
Temperatura	11 °C	
Velocidad de flujo esperada	950 gal/min	
Intensidad de señal requerida	210 psi	
3. Determinación de ubicación de fijación de pistón de ecuilización		/
4. Determinación de tamaño de obturador requerido		/
5. Determinación de kit de sellado requerido	Kit estándar <input checked="" type="checkbox"/> Kit de alta temp. <input type="checkbox"/>	/
6. Determinación de tipo de aceite lubricante requerido	Kit estándar <input checked="" type="checkbox"/> Kit de alta temp. <input type="checkbox"/>	/
7. Montaje de mandril de rampa – Extremo superior		/
8. Montaje de mandril de rampa – Extremo inferior		/
9. Montaje de embrague – controlar deslizamiento/rotación del mecanismo de leva		/
10. Prueba de fijación de pistones radiales en el cuerpo		/
11. Montaje de cuerpo	¿Están los pernos de fijación instalados con o-rings y con la debida torsión conforme a las especificaciones?	/
12. ¿Se ajustó el pistón de ecuilización y se completó el procedimiento de llenado de aceite lubricante?		/
13. ¿Está instalado el montaje de alojamiento de obturador?	¿Están los pernos de fijación instalados con o-rings y con la debida torsión conforme a las especificaciones?	/
14. ¿Está el adaptador de reducción instalado y ajustado con la debida torsión?		/
15. ¿Se completó la prueba de presión?		/
16. ¿Se completó la prueba de funcionamiento?		/
17. Procedimiento de pintura; ¿Están las conexiones marcadas como ajustadas con la debida torsión?		/
18. ¿Está el área de pistón revestida con una envuelta plástica?		/
Firma del supervisor		



**Torsiones de compensación (en pies-libras) – Estabilizador de calibre ajustable- TODOS LOS TAMAÑOS**

Estabilizador de calibre ajustable N.º: 6753534 OT no.: \_\_\_\_\_

	5"	6-3/8" y 6-3/4"	8-1/4"	Sellaroscas	Tec.	Fecha
<b>Conexiones externas</b>						
Pernos de fijación	200 BLT	200 BLT	200 BLT	BLT	J.P.	NOV/15/12
Adaptador de reducción para cuerpo	10,000	30,000	45,000		J.P.	NOV/15/12
Ficha de descarga de 3/4"	200	200	200		J.P.	NOV/15/12
Rosca americana cónica para tubos de 1/4"	40	40	40		J.P.	NOV/15/12

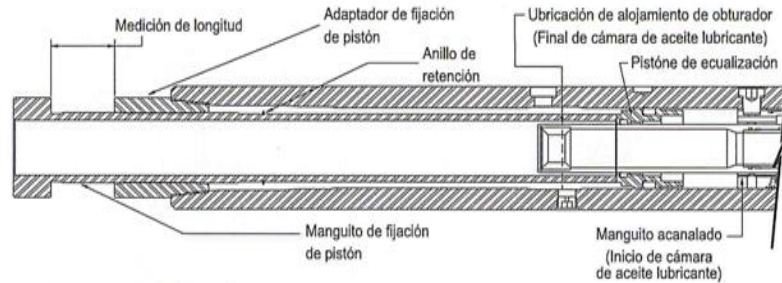
	5"	6-3/8" y 6-3/4"	8-1/4"	Sellaroscas	Tec.	Fecha
<b>Conexiones internas</b>						
Mandril de sellado de mandril de tambor	400 BLT	N/A	N/A	BLT		
Mandril de sellado/mandril de tambor de mandril de rampa	600 BLT	800	3,000	BLT (6" / 6-1/8" solamente)	J.P.	NOV/15/12
Pistón de fijación de mandril de rampa	800	2,000	3,000		J.P.	NOV/15/12
Contratuercas de obturador de alojamiento de obturador	800	1,000	1,500		J.P.	NOV/15/12
Tuerca ciega	20	20	20	BLT	J.P.	NOV/15/12

	5"	6-3/8" & 6-3/4"	8-1/4"	Thread Lock	Tech.	Date
<b>Opcional - Sub de canalización - Tuerca de canalización en tubular</b>	800	A ser anunciado	A ser anunciado			

- NOTAS:**
1. BLT - Blue Loctite® #243. Aplicar Loctite® sobre todas las piezas apropiadas. Inicial si se ha aplicado.
  2. Todos los valores se expresan en pies-libras, salvo que se especifique de otro modo.
  3. Cabe destacar que se acepta una tolerancia de torsión de compensación de +5%.
  4. Asegúrese que las especificaciones de torque de las formas hayan sido programados en el capturador de torque.

Firma del operador principal: [Firma] Fecha: 15/11/12

**Figura 1**



1. Determinación de parámetros operativos:

- (a) Presión operativa esperada 2300 psi
- (b) Temperatura operativa esperada 55° °C

2. Determinación de final de cámara de aceite lubricante:

- (a) Inicio de cámara de aceite lubricante 0 "
- (b) Chamber Length (from Table) 5.75 "
- (c) Final de cámara de aceite lubricante = Inicio de cámara de aceite lubricante + Longitud de cámara (según la Tabla) = 5.75 "

3. Determinación de volumen de aire (%):

- (a) Longitud compensada (en 0 psi) 5.750 "
- (b) Longitud presurizada (en 300 o 500 psi) 5.069 "
- (c) Longitud de cambio de volumen total = Longitud compensada - Longitud presurizada = 0.7 "
- (d) Volumen de aire (%) => según el gráfico = < 4 %

4. Determinación de medición de longitud de herramienta de fijación de pistón requerida:

- (a) Valor determinado según el gráfico de movimiento axial de fondo de pozo = -1.3 "
- (b) Posición "central" = Inicio de cámara de aceite lubricante + 3,00" = 3.000 "
- (c) Medición de longitud de fijación de pistón requerida = Posición "central" - Movimiento axial de fondo de pozo = 3" - (-1.3) = 4.3

**NOTE**

- Si el valor es negativo, sumarle el valor absoluto a la posición "central" para aumentar la distancia de separación (doble negativo es positivo)
- Si el valor es positivo, restarle esta cantidad a la posición "central" para reducir la distancia de separación.

Este formulario contiene información confidencial y de propiedad exclusiva de Weatherford Canada Partnership y está destinado solo para uso interno. Se prohíbe su copia, reproducción, divulgación a terceros, y toda otra utilización, total o parcial, para otro propósito o razón salvo aquel para el cual se emitió.





Reemplazo de obturador  
Estabilizador de calibre ajustable - TODOS LOS TAMAÑOS

Número de serie de estabilizador de calibre ajustable: 695-353A  
Fecha: NOV/15/012  
Tamaño de nuevo obturador: 1250 "  
Par de torsión de tuerca ciega: 20 pies-libras  
Par de torsión de contratuerca de obturador: 1000 pies-libras  
Par de torsión de adaptador de reducción: 30000 pies-libras

Estado de o-ring 2-010: Bueno /Averiado ⇨ ¿Reemplazar? (tildar un casillero)  
 Temp. estándar  
 Alta temp.

Firma: [Signature]  
Fecha: NOV/15/012

**MATERIAL DE REFERENCIA**

- WI-DAG-00001 "AGS Assembly" ("Montaje de estabilizador de calibre ajustable")
- QF-DAG-F0003 "AGS Make-up Torques" ("Torsiones de compensación de estabilizador de calibre ajustable")

Este formulario contiene información confidencial y de propiedad exclusiva de Weatherford Canada Partnership y está destinado solo para uso interno. Se prohíbe su copia, reproducción, divulgación a terceros, y toda otra utilización, total o parcial, para otro propósito o razón salvo aquel para el cual se emitió.



PLANILLA DE VERIFICACIÓN DE CABINA DE PINTURA DE ESTABILIZADOR DE CALIBRE AJUSTABLE

Estabilizador N.º: CFS-353A

Fecha: NOV/15/2012

OT N.º \_\_\_\_\_

**Requisitos previos a la pintura**

Verificación de conexiones ajustadas con la debida torsión:

**Lecturas de Gauss:**

Cuerpo: (0,0) (lectura real)

Adaptador para reducción inferior: (0,0) (lectura real)

Desmagnetizado, si fuera necesario: \_\_\_\_\_

FIRMA DEL INSPECTOR

Número de serie verificado en el cuerpo:

**Requisitos posteriores a la pintura**

Por estarcido:

Configuración del diámetro externo (OD) del estabilizador (marcado)

Pistones engrasados

Carbide Choke Size (marked)

Técnico de pintura: ABV

Fecha: NOV/15/2012

Firma del operador principal: ja

Fecha: NOV/15/2012

- Notas:** (1) Este formulario debe incluirse en el grupo final de órdenes de trabajo  
(2) Todos los casilleros deben contener las iniciales correspondientes para indicar que están completos.

*Este formulario contiene información confidencial y de propiedad exclusiva de Weatherford Canada Partnership y está destinado sólo para uso interno. Se prohíbe su copia, reproducción, divulgación a terceros, y toda otra utilización, total o parcial, para otro propósito o razón salvo aquél para el cual se emitió.*



675-3539



### FORMULARIO DE INSPECCIÓN DE HERRAMIENTAS

RG&F-BHOP-042  
REV: 4  
Junio 2012

CLIENTE: WEATHERFORD LATIN AMERICA S. A. DIRECCIÓN: ANACO, EDO. ANZOATEGUI NUMERO DE REPORTE: 1858

FECHA: 13-11-012 N° DE OTI: 13-11-043 NORMA APLICADA: DS-1 POZO N°:

NOMBRE DE LA HERRAMIENTA: CUERPO DEL ESTABILIZADOR S/N: 402705821 DEPARTAMENTO: Villavieja

ENSAYOS REALIZADOS: INSPECCIÓN VISUAL (✓) INSP. CON LIQUIDOS PENETRANTES ( ) INSP. CON PARTICULAS MAGNETICAS (✓)

IDENTIFICACION		SERIAL	COND.	CONEXIÓN CAJA										COND.	CONEXIÓN PIN										COND. Long Total
N°	Componente			TIPO	OD	DIAM.	DIAM.	LONG.	BORE BACK	ESPC.	CONDICION	CONEX.	Tipo		OD	DIAM.	ID	LONG.	LONG.	DIAM.	ESPA.	CONDICION	COND.	Long	
		CONEXIÓN	CAJA	BISEL	C BORE	C BORE	LONG.	DIAM.	LLAVE	ROSCA	SELLO	Conex.	PIN	BISEL	PIN	PIN	ALIVO	ALIVO	LLAVE	ROSCA	SELLO				
	CUERPO DEL ESTABILIZADOR	OK	OK	7/8	3/4	3/4	5/8	1/2	-	-	-	OK	OK	C										110"	
				7/8	3/4	3/4	5/8	1/2	-	-	-	OK	OK	C											

WEATHERFORD  
PROCESADO  
13 NOV 2012  
LABORATORIO DE ANACO

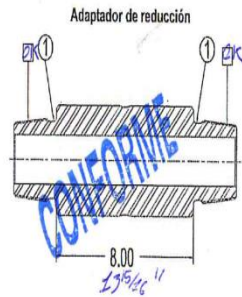
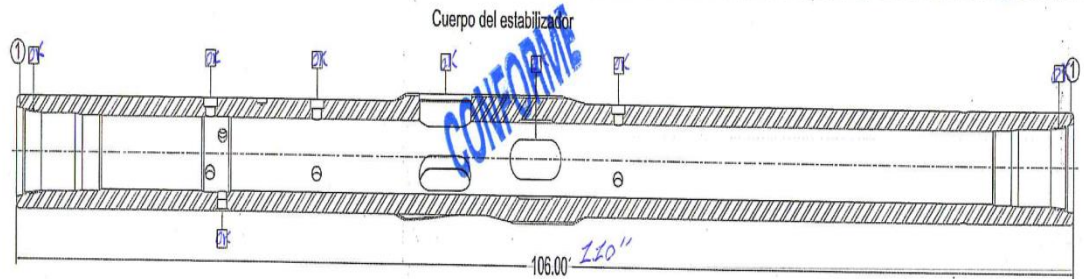
CONFORME



OBSERVACIONES GENERALES:

OK: BUENO.	RF: REFRENTEO.	NT: NO TIENE.	AB: ABOLLADURA.	IDENT. BANDA DE CO	TOTAL INSP.:	02	INSPECTION NIVEL II	FIRMA DEL CUENTE
OD: DIAMETRO EXTERIOR.	SD: SELLO DESGARRADO.	SL: SELLO LAVADO.	A: ABIERTO.	COLOR	TOTAL CONEX. OK:	02		
CE: CAJA EXPANDIDA.	SFE: SELLO FUERA DE	SG: SELLO GOLPEADO.	TJ: TOOL JOIN.	ROJO	REP. TALLER BOX	-		
RD: ROSCA DESGARRADA.	ESPECIFICACION.	G: GRIETA.	HB: METAL DURO.	AZUL TALLER	REP. TALLER PIN	-		
RL: ROSCA LAVADA.	TD: TUBO DOBLADO.	FE: FUERA DE ESPEC.	PROP: PROFUNDIDAD.	VERDE	REP. TALLER AMBOS	-		
RG: ROSCA GOLPEADA.	CS: CORROSION SEVERA.	R: RECHAZADO.	NR: NO RECOMENDABLE	BLANCO	CHATARRA	-		

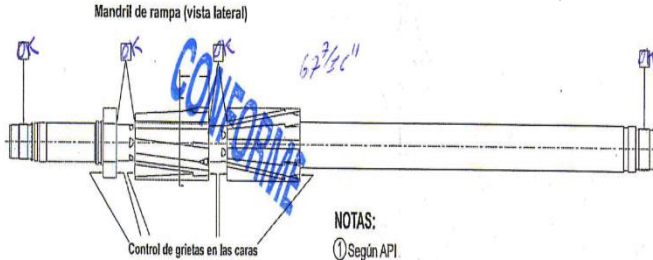




- Pistón N.º 1 OK
- Pistón N.º 2 OK
- Pistón N.º 3 OK
- Pistón N.º 4 OK
- Pistón N.º 5 OK
- Pistón N.º 6 OK



- Pistón N.º 1 OK
- Pistón N.º 2 OK
- Pistón N.º 3 OK
- Pistón N.º 4 OK
- Pistón N.º 5 OK
- Pistón N.º 6 OK



NOTAS:  
 ① Según API  
 ② Toda conexión identificada para inspección incluye evaluación de rosca, entalladura y cara de sello  
 ③ Las longitudes indicadas son las mínimas absolutas admisibles luego de la reparación y sólo requieren verificación si vuelven de reparación.

REFERENCIAS: Blanco: Bueno/Aprobado Azul: volver a cortar Rojo: grieta

Estabilizadores de calibre ajustable N.º 675-3534 OT N.º Fecha: 13-11-2016 Inspeccionado por: [Signature] Firma del supervisor: [Signature]

L3-DES-CA-QF-DAG-F0016 15/08/2011 Rev. 0  
 Este formulario contiene información confidencial y de propiedad exclusiva de Weatherford Canada Partnership y está destinado sólo para uso interno. Se prohíbe su copia, reproducción, divulgación a terceros, y toda otra utilización, total o parcial, para otro propósito o razón salvo aquél para el cual se emitió.



**ANEXO 2. PERFIL DE TORQUE Y ARRASTRE DE LOS HOYOS *SLANT* CDM0001E-1 Y CDM0002E-2**

A continuación se definen las siglas empleadas en las tablas mencionadas.

AF - Drill (lbf)	:	Fuerza axial perforando
AF - ROFFB (lbf)	:	Fuerza axial rotando en el fondo
AF - Slide (lbf)	:	Fuerza axial deslizando
AF - Trip-in (lbf)	:	Fuerza axial en viaje hacia adentro
AF - Trip-out (lbf)	:	Fuerza axial en viaje hacia afuera
A. Out (lbs)	:	Arrastre en viaje hacia afuera
A. In (lbs)	:	Arrastre en viaje hacia adentro
TQ – Drill (ft-lb)	:	Torque perforando
TQ - ROFFB (ft-lb)	:	Torque rotando en el fondo
Pandeo - S (lbf)	:	Límite para pandeo sinusoidal
Pandeo - H (lbf)	:	Límite para pandeo helicoidal
Pandeo - Drill	:	Tipo de pandeo cuando se perfora
Pandeo - Slide	:	Tipo de pandeo cuando se desliza
Pandeo - trip-in	:	Tipo de pandeo cuando se viaja hacia adentro
H	:	Pandeo helicoidal
S	:	Pandeo sinusoidal
T	:	Pandeo transición

Tabla 2. 1. Resultados Torque y Arrastre en simulación hoyo CDM0001E-1 (Slant 1)

MD (ft)	AF - Drill (lbf)	AF - Backream (lbf)	AF - Slide (lbf)	AF - Trip-in (lbf)	AF - Trip-out (lbf)	TQ - Drill (ft-lb)	TQ - Backream (ft-lb)	Rizado - S (lbf)	Rizado - H (lbf)	Rizado - Drill	Rizado - Slide	Rizado - trip-in
0	74717	96409	30358	68438	131183	10186	7356	-2719	-5918	-	-	-
100	72730	94421	28373	66454	129188	10185	7355	-2719	-5918	-	-	-
200	70743	92434	26387	64471	127194	10184	7354	-2719	-5918	-	-	-
300	68755	90447	24400	62487	125199	10183	7352	-2719	-5918	-	-	-
400	66768	88459	22414	60502	123205	10183	7351	-2719	-5918	-	-	-
500	64781	86472	20427	58518	121211	10182	7350	-2719	-5918	-	-	-
600	62794	84484	18441	56534	119217	10181	7349	-2719	-5918	-	-	-
700	60807	82497	16454	54549	117223	10180	7348	-2719	-5918	-	-	-
800	58820	80510	14467	52565	115229	10179	7346	-2719	-5918	-	-	-
900	56832	78522	12480	50580	113234	10178	7345	-2719	-5918	-	-	-
1000	54845	76535	10494	48595	111240	10178	7344	-2719	-5918	-	-	-
1100	52858	74548	8507	46610	109246	10177	7343	-2719	-5918	-	-	-
1200	50871	72560	6521	44625	107251	10176	7342	-2719	-5918	-	-	-
1300	48884	70573	4534	42641	105257	10175	7341	-2719	-5918	-	-	-
1400	46897	68585	2549	40656	103262	10175	7339	-2719	-5918	-	-	-
1500	44909	66598	563	38671	101267	10174	7338	-2719	-5918	-	-	-
1600	42922	64611	-1423	36686	99272	10173	7337	-2719	-5918	-	-	-
1676	41412	63100	-2931	35177	97756	10173	7336	-2719	-5918	-	S	-
1700	40935	62623	-3408	34701	97277	10172	7336	-2719	-5918	-	S	-
1710	40736	62425	-3606	34503	97077	10172	7336	-2719	-5918	-	T	-
1800	38969	60631	-5327	33048	94317	10072	7178	-2719	-5918	-	T	-
1815	38674	60332	-5611	32803	93861	10056	7153	-19502	-35657	-	-	-
1833	37916	59569	-6349	32097	92917	10040	7125	-23497	-42963	-	-	-
1900	35101	56731	-9021	29544	89129	9954	6978	-28849	-52748	-	-	-
1962	32506	54117	-11429	27138	85703	9889	6856	-33680	-61582	-	-	-

Tabla 2. 1. Resultados Torque y Arrastre en simulación hoyo CDM0001E-1 (Continuación)

MD (ft)	AF - Drill (lbf)	AF - Backream (lbf)	AF - Slide (lbf)	AF - Trip-in (lbf)	AF - Trip-out (lbf)	TQ - Drill (ft-lb)	TQ - Backream (ft-lb)	Rizado - S (lbf)	Rizado - H (lbf)	Rizado - Drill	Rizado - Slide	Rizado - trip-in
2000	30935	52523	-12785	25814	83116	9807	6705	-40963	-74899	-	-	-
2087	27394	48941	-15664	22678	77502	9664	6403	-45895	-83916	-	-	-
2100	26875	48416	-16071	22210	76682	9645	6361	-50854	-92983	-	-	-
2200	22987	44499	-18919	18523	70769	9552	6084	-55194	-100919	-	-	-
2212	22537	44045	-19234	18086	70088	9543	6053	-58079	-106194	-	-	-
2300	19329	40824	-21446	15036	65651	9505	5902	-61216	-111929	-	-	-
2334	18142	39631	-22221	13928	64026	9490	5852	-63020	-115227	-	-	-
2400	15910	37387	-23776	11967	61492	9430	5841	-64796	-118475	-	-	-
2460	13951	35414	-25086	10290	59300	9366	5827	-66168	-120984	-	-	-
2500	12686	34136	-25875	9231	57709	9317	5786	-67795	-123958	-	-	-
2579	10289	31714	-27278	7287	54738	9208	5708	-69322	-126749	-	-	-
2600	9679	31099	-27523	6784	53861	9185	5685	-71987	-131623	-	-	-
2700	7056	28442	-28323	4789	50153	9040	5607	-75524	-138089	-	-	-
2800	4921	26268	-28630	3412	47292	8854	5581	-77171	-141101	-	-	-
2819	4572	25910	-28624	3216	46815	8816	5575	-77887	-142410	-	-	-
2900	3212	24507	-28852	2567	45192	8631	5459	-78534	-143594	-	-	-
2938	2632	23906	-28893	2328	44481	8541	5403	-79108	-144644	-	-	-
3000	1782	23022	-28778	2040	43481	8392	5322	-79759	-145834	-	-	-
3057	1116	22324	-28550	1901	42670	8251	5243	-80019	-146309	-	-	-
3100	654	21834	-28615	1857	41715	8141	5129	-79976	-146231	-	-	-
3177	-185	20946	-28743	1765	39997	7945	4926	-79947	-146177	-	-	-
3200	-439	20678	-28772	1734	39486	7887	4866	-79938	-146161	-	-	-
3297	-1510	19546	-28896	1601	37333	7640	4615	-79929	-146144	-	-	-
3300	-1543	19511	-28903	1597	37264	7632	4607	-79859	-146017	-	-	-

Tabla 2. 1. Resultados Torque y Arrastre en simulación hoyo CDM0001E-1 (Continuación)

MD (ft)	AF - Drill (lbf)	AF - Backream (lbf)	AF - Slide (lbf)	AF - Trip-in (lbf)	AF - Trip-out (lbf)	TQ - Drill (ft-lb)	TQ - Backream (ft-lb)	Rizado - S (lbf)	Rizado - H (lbf)	Rizado - Drill	Rizado - Slide	Rizado - trip-in
4630	-10093	10467	-29893	695	19831	5628	2544	-39875	-72909	-	-	-
4700	-10510	10031	-30028	593	19046	5547	2458	-39850	-72863	-	-	-
4756	-10848	9677	-30140	506	18416	5483	2389	-39843	-72849	-	-	-
4800	-11113	9399	-30201	437	17937	5430	2337	-39853	-72868	-	-	-
4880	-11594	8895	-30309	314	17068	5333	2242	-39864	-72888	-	-	-
4900	-11713	8769	-30328	284	16853	5308	2219	-39889	-72934	-	-	-
5000	-12303	8150	-30413	141	15788	5183	2102	-39911	-72974	-	-	-
5006	-12338	8113	-30418	132	15725	5175	2095	-39938	-73024	-	-	-
5100	-12878	7544	-30471	13	14745	5056	1986	-39973	-73089	-	-	-
5132	-13058	7354	-30485	-24	14414	5015	1949	-40009	-73153	-	-	-
5200	-13433	6957	-30488	-94	13726	4926	1871	-40057	-73240	-	-	-
5257	-13739	6633	-30482	-144	13157	4850	1805	-40088	-73298	-	-	-
5300	-13966	6393	-30487	-177	12724	4795	1755	-40118	-73352	-	-	-
5383	-14396	5938	-30487	-231	11896	4689	1657	-40125	-73366	-	-	-
5400	-14484	5845	-30527	-242	11710	4672	1635	-40041	-73213	-	-	-
5500	-15033	5272	-30791	-337	10599	4574	1506	-39960	-73064	-	-	-
5508	-15079	5224	-30814	-347	10508	4566	1495	-40084	-73291	-	-	-
5600	-15558	4709	-30553	-414	9662	4412	1397	-40246	-73586	-	-	-
5633	-15711	4543	-30441	-419	9374	4357	1361	-40302	-73689	-	-	-
5700	-16013	4220	-30388	-415	8745	4268	1281	-40332	-73744	-	-	-
5759	-16272	3942	-30335	-405	8197	4190	1210	-40352	-73780	-	-	-
5800	-16449	3753	-30305	-394	7816	4137	1160	-40368	-73809	-	-	-
5869.3	-16743	3437	-30250	-371	7175	4048	1076	-80450	-147097	-	-	-
5885	-16884	3285	-30230	-359	6865	4006	1036	-80462	-147120	-	-	-

Tabla 2. 1. Resultados Torque y Arrastre en simulación hoyo CDM0001E-1 (Continuación)

MD (ft)	AF - Drill (lbf)	AF - Backream (lbf)	AF - Slide (lbf)	AF - Trip-in (lbf)	AF - Trip-out (lbf)	TQ - Drill (ft-lb)	TQ - Backream (ft-lb)	Rizado - S (lbf)	Rizado - H (lbf)	Rizado - Drill	Rizado - Slide	Rizado - trip-in
5899	-17009	3151	-30205	-346	6590	3968	1000	-227558	-416074	-	-	-
5900	-17023	3137	-30203	-345	6561	3964	996	-227610	-416168	-	-	-
5931.5	-17438	2699	-30127	-299	5650	3829	867	-80523	-147231	-	-	-
5961.3	-17695	2422	-30066	-264	5072	3748	790	-303756	-555396	-	-	-
5992.9	-18238	1848	-29954	-181	3856	3560	607	-332127	-607270	-	-	-
6000	-18376	1702	-29924	-158	3543	3509	557	-332164	-607338	-	-	-
6010	-18570	1497	-29882	-125	3104	3436	487	-332145	-607303	-	-	-
6015.1	-18670	1392	-29882	-108	2877	3404	450	-337612	-617299	-	-	-
6044.6	-19291	741	-29902	-31	1504	3207	234	-308725	-564480	-	-	-
6048.7	-19366	662	-29909	-25	1341	3186	210	-2566143	-4692006	-	-	-
6054.8	-19479	544	-29921	-17	1097	3152	172	-292468	-534757	-	-	-
6084	-20000	0	-30000	0	0	3000	0	-292468	-534757	-	-	-
5899	-17009	3151	-30205	-346	6590	3968	1000	-227558	-416074	-	-	-
5900	-17023	3137	-30203	-345	6561	3964	996	-227610	-416168	-	-	-
5931.5	-17438	2699	-30127	-299	5650	3829	867	-80523	-147231	-	-	-
<b>5961.3</b>	<b>-17695</b>	<b>2422</b>	<b>-30066</b>	<b>-264</b>	<b>5072</b>	<b>3748</b>	<b>790</b>	<b>-303756</b>	<b>-555396</b>	-	-	-
5992.9	-18238	1848	-29954	-181	3856	3560	607	-332127	-607270	-	-	-
6000	-18376	1702	-29924	-158	3543	3509	557	-332164	-607338	-	-	-
6010	-18570	1497	-29882	-125	3104	3436	487	-332145	-607303	-	-	-
6015.1	-18670	1392	-29882	-108	2877	3404	450	-337612	-617299	-	-	-
6044.6	-19291	741	-29902	-31	1504	3207	234	-308725	-564480	-	-	-
6048.7	-19366	662	-29909	-25	1341	3186	210	-2566143	-4692006	-	-	-
6054.8	-19479	544	-29921	-17	1097	3152	172	-292468	-534757	-	-	-
6084	-20000	0	-30000	0	0	3000	0	-292468	-534757	-	-	-

Tabla 2. 2. Resultados Torque y Arrastre en simulación hoyo CDM0002E-2 (Slant 2)

MD (ft)	AF - Drill (lbf)	AF - Backream (lbf)	AF - Slide (lbf)	AF - Trip-in (lbf)	AF - Trip-out (lbf)	TQ - Drill (ft-lb)	TQ - Backream (ft-lb)	Pandeo - S (lbf)	Pandeo - H (lbf)	Pandeo - Drill	Pandeo - Slide	Pandeo - trip-in
0	70278	89150	12766	54228	134865	13867	9325	-2719	-5918	-	-	-
100	68290	87163	10779	52244	132870	13866	9324	-2719	-5918	-	-	-
200	66303	85175	8792	50259	130875	13865	9322	-2719	-5918	-	-	-
300	64316	83188	6805	48274	128881	13864	9321	-2719	-5918	-	-	-
400	62328	81200	4818	46289	126886	13863	9320	-2719	-5918	-	-	-
500	60341	79213	2831	44304	124892	13863	9319	-2719	-5918	-	-	-
600	58354	77226	844	42319	122898	13862	9318	-2719	-5918	-	-	-
700	56367	75238	-1143	40333	120903	13861	9317	-2719	-5918	-	-	-
800	54379	73251	-3129	38348	118909	13860	9316	-2719	-5918	-	T	-
900	52392	71264	-5115	36362	116914	13860	9315	-2719	-5918	-	H	-
1000	50405	69276	-7096	34377	114920	13859	9314	-2719	-5918	-	H	-
1100	48417	67289	-9072	32391	112925	13858	9313	-2719	-5918	-	H	-
1200	46430	65301	-11044	30405	110931	13858	9312	-2719	-5918	-	H	-
1300	44443	63314	-13010	28419	108936	13857	9311	-2719	-5918	-	H	-
1400	42456	61327	-14968	26433	106941	13856	9310	-2719	-5918	-	H	-
1500	40468	59339	-16918	24448	104946	13856	9309	-2719	-5918	-	H	-
1600	38481	57352	-18859	22462	102951	13855	9308	-2719	-5918	-	H	-
1676	36971	55842	-20327	20953	101434	13854	9307	-2719	-5918	-	H	-
1700	36494	55365	-20787	20476	100955	13854	9307	-2719	-5918	-	H	-
1710	36295	55166	-20978	20278	100755	13854	9306	-2719	-5918	-	H	-
1800	34512	53373	-22454	18673	97957	13766	9168	-9489	-17350	-	H	-
1833	33859	52716	-22985	18078	96943	13736	9120	-10510	-19217	-	H	-
1889	32751	51603	-23935	17031	95439	13703	9067	-11070	-20241	-	H	-
1900	32534	51385	-24100	16837	95070	13690	9047	-13075	-23906	-	H	-
2000	30563	49401	-25555	15040	91776	13587	8872	-14846	-27145	-	T	-
2012	30327	49164	-25731	14822	91386	13575	8852	-17293	-31619	-	T	-
2100	28616	47434	-26751	13337	87710	13426	8593	-19427	-35521	-	S	-
2200	26716	45513	-27725	11629	83521	13264	8294	-24220	-44285	-	S	-
2300	24897	43672	-28466	9931	79351	13111	7990	-28391	-51911	-	S	-

Tabla 2.2. Resultados Torque y Arrastre en simulación hoyo CDM0002E-2 (Continuación)

MD (ft)	AF - Drill (lbf)	AF - Backream (lbf)	AF - Slide (lbf)	AF - Trip-in (lbf)	AF - Trip-out (lbf)	TQ - Drill (ft-lb)	TQ - Backream (ft-lb)	Pandeo - S (lbf)	Pandeo - H (lbf)	Pandeo - Drill	Pandeo - Slide	Pandeo - trip-in
2379.9	23524	42284	-28879	8619	76091	12996	7747	-60404	-110444	-	-	-
2400	22813	41569	-29272	7978	74939	12975	7696	-62326	-113958	-	-	-
2447	21198	39948	-30109	6558	72356	12936	7589	-65196	-119206	-	-	-
2500	19472	38216	-30863	5091	69591	12919	7485	-68551	-125341	-	-	-
2570	17375	36114	-31607	3428	66262	12894	7375	-70724	-129314	-	-	-
2600	16539	35276	-31971	2810	65186	12864	7368	-72446	-132462	-	-	-
2690	14207	32936	-32836	1198	62229	12753	7352	-73753	-134852	-	-	-
2700	13964	32692	-32916	1039	61927	12739	7350	-75026	-137179	-	-	-
2800	11722	30439	-33484	-307	59185	12583	7304	-76179	-139287	-	-	-
2810	11516	30232	-33519	-420	58933	12567	7298	-77168	-141096	-	-	-
2900	9835	28539	-33606	-1228	56814	12408	7240	-78222	-143023	-	-	-
2930	9344	28043	-33558	-1419	56188	12352	7218	-78961	-144374	-	-	-
3000	8328	27017	-33337	-1718	54937	12212	7154	-79699	-145723	-	-	-
3048	7739	26419	-33072	-1806	54202	12112	7106	-80057	-146378	-	-	-
3100	7168	25836	-32979	-1846	53318	11986	7000	-80261	-146751	-	-	-
3167	6485	25138	-32803	-1839	52222	11823	6862	-80370	-146951	-	-	-
3200	6165	24809	-32786	-1825	51559	11738	6778	-80376	-146962	-	-	-
3288	5311	23933	-32738	-1784	49794	11511	6552	-80375	-146960	-	-	-
3300	5195	23813	-32735	-1779	49526	11480	6519	-80325	-146869	-	-	-
3400	4204	22796	-32733	-1760	47287	11220	6242	-80276	-146779	-	-	-
3500	3173	21738	-32832	-1784	45087	10961	5971	-80160	-146566	-	-	-
3527	2887	21445	-32868	-1798	44489	10891	5898	-80159	-146564	-	-	-
3600	2114	20654	-32882	-1833	42983	10704	5714	-80182	-146606	-	-	-
3649	1600	20127	-32886	-1851	41975	10579	5590	-80188	-146619	-	-	-
3700	1066	19580	-32908	-1870	40904	10448	5459	-80183	-146609	-	-	-
3768	353	18849	-32939	-1896	39476	10273	5284	-80192	-146626	-	-	-
3800	18	18506	-32930	-1906	38831	10191	5204	-80238	-146709	-	-	-
3887	-876	17590	-32890	-1917	37089	9967	4988	-80278	-146783	-	-	-
3900	-1007	17456	-32877	-1916	36835	9934	4956	-80341	-146898	-	-	-
4000	-1991	16446	-32755	-1880	34903	9675	4710	-80399	-147003	-	-	-

Tabla 2.2. Resultados Torque y Arrastre en simulación hoyo CDM0002E-2 (Continuación)

MD (ft)	AF - Drill (lbf)	AF - Backream (lbf)	AF - Slide (lbf)	AF - Trip-in (lbf)	AF - Trip-out (lbf)	TQ - Drill (ft-lb)	TQ - Backream (ft-lb)	Pandeo - S (lbf)	Pandeo - H (lbf)	Pandeo - Drill	Pandeo - Slide	Pandeo - trip-in
4200	-3667	14723	-32063	-1630	31663	9179	4278	-40633	-74294	-	-	-
4245	-3808	14576	-31778	-1545	31434	9117	4244	-40661	-74345	-	-	-
4300	-3973	14405	-31736	-1447	30929	9051	4168	-40647	-74321	-	-	-
4300.7	-3975	14403	-31736	-1445	30922	9050	4167	-80968	-148045	-	-	-
4330.8	-4175	14194	-31660	-1337	30367	8972	4084	-40623	-74277	-	-	-
4367	-4292	14073	-31641	-1280	30029	8929	4034	-40601	-74235	-	-	-
4400	-4402	13959	-31653	-1234	29697	8890	3986	-40547	-74138	-	-	-
4490	-4729	13621	-31713	-1133	28773	8785	3857	-40514	-74077	-	-	-
4500	-4766	13582	-31660	-1122	28692	8771	3847	-40588	-74212	-	-	-
4581	-5042	13297	-31199	-1000	28073	8659	3767	-81009	-148118	-	-	-
4600	-5163	13171	-31050	-923	27790	8606	3723	-81048	-148190	-	-	-
4610.7	-5229	13102	-30964	-877	27633	8577	3699	-40689	-74397	-	-	-
4614	-5238	13093	-30943	-870	27610	8572	3695	-40614	-74260	-	-	-
4700	-5520	12800	-31006	-745	26562	8482	3548	-40482	-74018	-	-	-
4739	-5674	12641	-31060	-716	26064	8441	3482	-40381	-73833	-	-	-
4800	-5942	12365	-31153	-697	25328	8375	3387	-40261	-73615	-	-	-
4862	-6244	12056	-31276	-709	24558	8309	3291	-80079	-146418	-	-	-
4865	-6276	12022	-31286	-711	24487	8301	3283	-80004	-146282	-	-	-
4892.2	-6581	11711	-31396	-744	23822	8237	3204	-40111	-73340	-	-	-
4900	-6623	11668	-31413	-750	23718	8229	3192	-39978	-73097	-	-	-
4991	-7153	11127	-31652	-862	22490	8137	3051	-39857	-72876	-	-	-
5000	-7208	11070	-31632	-875	22402	8124	3042	-39991	-73120	-	-	-
5100	-7784	10482	-31370	-976	21465	7983	2943	-40123	-73363	-	-	-
5143.8	-8016	10245	-31318	-999	21050	7926	2895	-80010	-146292	-	-	-
5174.2	-8355	9898	-31333	-1032	20406	7847	2819	-40170	-73448	-	-	-
5200	-8489	9761	-31329	-1044	20155	7814	2788	-40184	-73473	-	-	-
5241	-8699	9546	-31319	-1060	19759	7763	2740	-40227	-73552	-	-	-
5300	-8993	9245	-31233	-1072	19239	7684	2676	-40298	-73681	-	-	-
5367	-9309	8921	-31117	-1066	18662	7593	2602	-40340	-73758	-	-	-
5400	-9459	8766	-31092	-1059	18361	7551	2563	-40350	-73776	-	-	-



Tabla 2.2. Resultados Torque y Arrastre en simulación hoyo CDM0002E-2 (Continuación)

MD (ft)	AF - Drill (lbf)	AF - Backream (lbf)	AF - Slide (lbf)	AF - Trip-in (lbf)	AF - Trip-out (lbf)	TQ - Drill (ft-lb)	TQ - Backream (ft-lb)	Pandeo - S (lbf)	Pandeo - H (lbf)	Pandeo - Drill	Pandeo - Slide	Pandeo - trip-in
5500	-10058	8151	-31004	-1018	17128	7384	2403	-40352	-73781	-	-	-
5600	-10509	7688	-31017	-994	16144	7267	2276	-40327	-73735	-	-	-
5619	-10596	7598	-31021	-992	15956	7244	2252	-40356	-73788	-	-	-
5700	-10959	7225	-30891	-966	15246	7136	2159	-40391	-73852	-	-	-
5736.3	-11262	6914	-30809	-931	14619	7046	2076	-40419	-73904	-	-	-
5800	-11522	6645	-30660	-885	14091	6957	2003	-40507	-74064	-	-	-
5868	-11782	6377	-30478	-815	13545	6862	1925	-40524	-74094	-	-	-
5900	-11902	6253	-30491	-783	13244	6827	1883	-40471	-73998	-	-	-
5987.9	-12253	5891	-30550	-717	12399	6733	1767	-80544	-147269	-	-	-
6000	-12362	5780	-30536	-701	12163	6702	1736	-80564	-147305	-	-	-
6018.5	-12525	5611	-30484	-676	11814	6651	1689	-40471	-73998	-	-	-
6084	-12786	5342	-30338	-622	11264	6561	1613	-40503	-74056	-	-	-
6100	-12848	5279	-30300	-606	11132	6538	1594	-40516	-74081	-	-	-
6120	-12923	5201	-30250	-585	10967	6511	1570	-40513	-74076	-	-	-
6200	-13227	4887	-30202	-505	10254	6416	1470	-40496	-74044	-	-	-
6270.1	-13500	4606	-30182	-443	9618	6335	1382	-80625	-147417	-	-	-
6300	-13756	4342	-30163	-394	9038	6260	1303	-80608	-147386	-	-	-
6300	-13756	4342	-30163	-394	9038	6260	1303	-40439	-73939	-	-	-
6370	-14046	4044	-30187	-350	8383	6183	1214	-40420	-73905	-	-	-
6400	-14173	3914	-30156	-333	8111	6144	1178	-40430	-73923	-	-	-
6495	-14569	3505	-30055	-276	7250	6023	1061	-40438	-73937	-	-	-
6500	-14590	3484	-30051	-273	7205	6017	1055	-40442	-73945	-	-	-
6550.7	-14799	3269	-30004	-239	6749	5953	993	-80586	-147345	-	-	-
6580.4	-15059	3001	-29953	-196	6178	5875	917	-227904	-416706	-	-	-
6600	-15312	2742	-29904	-152	5622	5793	835	-227918	-416731	-	-	-
6642.7	-15741	2302	-29899	-82	4669	5671	703	-303352	-554656	-	-	-
6684	-16552	1476	-29980	-24	2956	5442	450	-331125	-605437	-	-	-
6700	-16920	1100	-29981	-14	2200	5330	336	-336785	-615787	-	-	-
6721.4	-17426	584	-29985	-5	1166	5176	180	-302810	-553666	-	-	-
6752	-18000	0	-30000	0	0	5000	0	-292277	-534407	-	-	-

### ANEXO 3. TIEMPOS PLANIFICADOS, REALES Y EFECTIVOS LOCALIZACIÓN CD-AC

Tabla 3.1. Tiempo Planificado CDM0001E-1

TABLA DE TIEMPOS FASE 8 1/2" POZO CDM0001E-1 (SLANT 1) SEGÚN PROGRAMA PERFORACIÓN			
Profundidad	Tiempo	Acumulado	Comentario
1680	6.00	6.00	Armar y bajar sarta direccional con mecha triconica de 8 1/2"
1680	4.00	10.00	Limpiar cemento y romper zapata
1680	1.00	11.00	Desplazar agua por lodo
1680	2.00	13.00	Circular y homogenizar lodo
1780	4.00	17.00	Perforar hoyo 8 1/2" , hasta una profundidad de 1780 (KOP)
1780	1.00	18.00	Circular hasta retorno limpio
3237.8	40.00	58.00	Perforar hasta el tope del marcador "O" ,continuar hasta tope del miembro morichal y seguir perforando hasta la profundidad final
6018.4	2.00	60.00	Bombear píldora y circular hasta retorno limpio
6018.4	18.00	78.00	Circular hasta retorno limpio y Sacar en back reaming hasta la zapata
6018.4	10.00	88.00	Regresar al fondo , Sacar y quebrar tubería

Tabla 3. 2. Tiempo real CDM0001E-1

TABLA DE TIEMPOS FASE 8 1/2" POZO CDM0002E-1 (SLANT 1) REAL			
Profundidad	Tiempo	Acumulado	Comentario
1680	0.50	0.50	ARMO BHA DIRECCIONAL (BIT+MDF)
1680	0.75	1.25	ROMPIO MANGUERA DE TOP DRIVE
1680	1.50	2.75	CONECTO Y PROBO AGS
1680	0.32	3.07	CONECTO MFR
1680	0.22	3.28	CONECTO HEL
1680	0.17	3.45	TOMO TFO=163.75 (C=543; A=247)
1680	1.47	4.92	CONECTO MONEL
1680	0.47	5.38	CONECTO HWDP
1680	0.95	6.33	CONECTO MARTILLO, HW'S
1680	0.28	6.62	PRUEBA DE SUPERFICIE
1680	0.20	6.82	PROBLEMA CON EL TOP DRIVE
1680	0.13	6.95	PERFORA FORMACION.
1680	3.13	10.08	
1680	0.05	10.13	PROBLEMA CON EL TOP DRIVE
1680	0.17	10.30	
1680	0.08	10.38	CALIBRACION DE TOP DRIVE
1680	0.05	10.43	
1680	0.07	10.50	
1680	1.08	11.58	TERMINO PRUEBA DE SUPERFICIE

Tabla 3.2. Tiempo real CDM0001E-1 (Continuación)

TABLA DE TIEMPOS FASE 8 1/2" POZO CDM0002E-1 (SLANT 1)			
REAL			
Profundidad	Tiempo	Acumulado	Comentario
1680	0.33	11.92	CONECTO MARTILLO CALIBRO ALTURA TD
1680	0.58	12.50	
1680	0.25	12.75	VIAJE HASTA ZAPATA 1676'
1680	1.08	13.83	VIAJE HASTA ZAPATA 1676'
1680	0.17	14.00	REPARANDO BRAZOS DEL TOP DRIVE
1680	1.23	15.23	VIAJE HASTA ZAPATA 1676'
1680	2.02	17.25	PROBLEMAS CON EL TOP DRIVE
1680	3.25	20.50	
1680	0.92	21.42	PROBLEMAS CON EL TOP DRIVE
1680	0.83	22.25	CONTINUA BAJANDO Y TOCA CTO EN 1624'
1680	1.83	24.08	ROTA DISPOSITIVO CON 350 GPM Y 7 KLBS PESO
1680	1.13	25.22	ROTA CTO CON 350 GPM Y 3 A 5 KLBS PESO
1680	0.72	25.93	
1680	0.50	26.43	
1680	0.30	26.73	
1680	1.77	28.50	
1680	0.18	28.68	
1680	0.42	29.10	PROBLEMAS CON LA BOMBA 1
1680	0.80	29.90	
1680	0.40	30.30	PONIENDO ORING AL TOP DRIVE
1680	1.20	31.50	
1722	0.75	32.25	ROMPIENDO CEMENTO Y ZAPATA
1722	0.17	32.42	INICIA PERFORACION
1722	0.18	32.60	
1753	0.53	33.13	
1753	0.05	33.18	
1785	0.45	33.63	
1785	0.18	33.82	
1785	0.20	34.02	
1797	0.27	34.28	
1844	0.43	34.72	
1844	0.18	34.90	
1844	0.25	35.15	
1859	0.22	35.37	
1880	0.27	35.63	
1904	0.27	35.90	
1908	0.05	35.95	
1908	0.22	36.17	
1908	0.22	36.38	
1920	0.12	36.50	
1970	0.27	36.77	
1970	0.48	37.25	

Tabla 3.2. Tiempo real CDM0001E-1 (Continuación)

TABLA DE TIEMPOS FASE 8 1/2" POZO CDM0002E-1 (SLANT 1) REAL			
Profundidad	Tiempo	Acumulado	Comentario
1970	0.12	37.37	
1970	0.08	37.45	BOMBEO PILDORA
2033	0.38	37.83	
2033	0.42	38.25	
2033	0.18	38.43	
2033	0.17	38.60	PROBLEMAS CON SENAL
2068	0.27	38.87	
2068	0.17	39.03	
2095	0.17	39.20	
2095	0.32	39.52	
2095	0.18	39.70	
2100	0.05	39.75	
2130	0.33	40.08	
2130	0.20	40.28	
2157	0.08	40.37	
2157	0.48	40.85	
2157	0.15	41.00	
2220	0.25	41.25	
2220	0.40	41.65	
2220	0.17	41.82	
2229	0.05	41.87	
2282	0.73	42.60	
2282	0.43	43.03	
2282	0.25	43.28	
2297	0.08	43.37	
2320	0.17	43.53	
2347	0.33	43.87	
2347	0.38	44.25	
2347	0.25	44.50	
2358	0.18	44.68	
2358	0.68	45.37	PROBLEMAS CON GENERADORES
2381	0.17	45.53	
2409	0.40	45.93	
2409	0.33	46.27	
2409	0.22	46.48	
2429	0.17	46.65	
2472	0.30	46.95	
2472	0.20	47.15	
2472	0.17	47.32	
2492	0.10	47.42	
2531	0.45	47.87	
2531	0.28	48.15	

Tabla 3.2. Tiempo real CDM0001E-1 (Continuación)

TABLA DE TIEMPOS FASE 8 1/2" POZO CDM0002E-1 (SLANT 1) REAL			
Profundidad	Tiempo	Acumulado	Comentario
2531	0.18	48.33	
2541	0.15	48.48	
2590	0.47	48.95	
2590	0.35	49.30	
2590	0.28	49.58	
2600	0.05	49.63	
2651	0.88	50.52	
2651	0.22	50.73	
2651	0.33	51.07	
2690	0.78	51.85	
2711	0.35	52.20	
2711	0.20	52.40	
2711	0.23	52.63	
2721	0.10	52.73	
2771	0.78	53.52	
2771	0.27	53.78	
2771	0.17	53.95	
2786	0.13	54.08	
2831	1.73	55.82	
2831	0.42	56.23	
2831	0.17	56.40	
2851	0.62	57.02	
2892	0.83	57.85	
2892	0.17	58.02	
2892	0.18	58.20	
2926	0.43	58.63	
2926	0.27	58.90	
2952	0.30	59.20	
2952	0.13	59.33	
2952	0.18	59.52	
2987	0.32	59.83	
2987	0.17	60.00	
3003	0.40	60.40	
3013	0.67	61.07	
3013	0.33	61.40	
3013	0.18	61.58	
3013	0.55	62.13	PROBLEMAS CON PRESIONES
3045	0.50	62.63	
3045	0.27	62.90	
3072	0.32	63.22	
3072	0.25	63.47	
3072	0.17	63.63	

Tabla 3.2. Tiempo real CDM0001E-1 (Continuación)

TABLA DE TIEMPOS FASE 8 1/2" POZO CDM0002E-1 (SLANT 1) REAL			
Profundidad	Tiempo	Acumulado	Comentario
3131	0.63	64.27	
3131	0.38	64.65	
3131	0.17	64.82	
3165	0.25	65.07	
3165	0.28	65.35	
3170	0.13	65.48	
3191	0.75	66.23	
3191	0.32	66.55	REPASO Y TOMO SURVEY
3191	1.60	68.15	CIRCULO PARA ENTRAR AL MARCADOR "O"
3191	0.25	68.40	
3206	0.20	68.60	
3251	1.47	70.07	
3251	0.17	70.23	
3251	0.25	70.48	
3312	1.50	71.98	
3312	0.42	72.40	
3312	0.25	72.65	
3372	1.58	74.23	
3372	0.17	74.40	
3372	0.27	74.67	
3432	0.40	75.07	BOMBEO PILDORA
3432	0.13	75.20	
3432	0.10	75.30	
3492	1.18	76.48	
3492	0.30	76.78	
3492	0.12	76.90	
3552	1.25	78.15	
3552	0.42	78.57	
3552	0.17	78.73	
3614	0.67	79.40	
3614	0.25	79.65	
3614	0.12	79.77	
3624	0.33	80.10	
3673	0.35	80.45	
3673	0.35	80.80	
3673	0.17	80.97	
3732	0.45	81.42	
3732	0.38	81.80	
3732	0.17	81.97	
3776	0.55	82.52	
3776	0.22	82.73	PROBLEMAS CON BOMBA 1
3776	0.17	82.90	QUEBRO PAREJA

Tabla 3.2. Tiempo real CDM0001E-1 (Continuación)

TABLA DE TIEMPOS FASE 8 1/2" POZO CDM0002E-1 (SLANT 1) REAL			
Profundidad	Tiempo	Acumulado	Comentario
3776	1.50	84.40	PROBLEMAS BOMBA 1
3776	0.92	85.32	PROBLEMAS BOMBA 1
3776	0.27	85.58	
3776	0.15	85.73	
3776	0.13	85.87	
3795	0.12	85.98	
3795	0.25	86.23	
3795	0.13	86.37	
3820	0.53	86.90	
3851	0.32	87.22	
3851	0.23	87.45	
3851	3.28	90.73	PROB. CON UNA BOMBA SACA 1 PAREJA
3851	0.17	90.90	
3911	0.47	91.37	
3911	0.20	91.57	
3943	1.05	92.62	
3970	0.12	92.73	
3970	0.17	92.90	
3970	0.20	93.10	
3980	0.13	93.23	
4030	0.23	93.47	
4030	0.27	93.73	
4030	0.20	93.93	
4062	0.20	94.13	
4089	0.17	94.30	
4089	0.13	94.43	
4089	0.18	94.62	
4105	0.12	94.73	
4149	0.15	94.88	
4149	0.43	95.32	
4149	0.17	95.48	
4179	0.10	95.58	
4179	0.13	95.72	
4210	0.05	95.77	
4210	0.43	96.20	
4210	0.17	96.37	
4269	1.98	98.35	
4269	0.18	98.53	
4269	0.18	98.72	
4272	0.27	98.98	
4272	0.18	99.17	

Tabla 3.2. Tiempo real CDM0001E-1 (Continuación)

TABLA DE TIEMPOS FASE 8 1/2" POZO CDM0002E-1 (SLANT 1) REAL			
Profundidad	Tiempo	Acumulado	Comentario
4280	1.38	100.55	
4329	1.00	101.55	
4329	0.18	101.73	
4329	0.23	101.97	
4349	0.85	102.82	
4369	0.38	103.20	
4369	2.45	105.65	FUGA EN UNA BOMBA / QUEBRO 3 PAREJAS
4392	0.18	105.83	
4392	0.70	106.53	
4392	0.18	106.72	
4422	0.47	107.18	
4425	0.13	107.32	
4425	0.08	107.40	
4454	0.37	107.77	
4454	0.63	108.40	
4454	0.25	108.65	
4487	0.07	108.72	
4487	0.08	108.80	
4515	0.17	108.97	
4515	0.42	109.38	
4515	0.22	109.60	
4525	0.33	109.93	
4579	1.22	111.15	
4579	0.42	111.57	
4579	0.23	111.80	
4600	0.65	112.45	
4642	1.07	113.52	
4642	0.23	113.75	PROBLEMAS CON BOMBA
4642	0.33	114.08	
4675	0.83	114.92	
4675	0.23	115.15	
4705	0.57	115.72	
4705	0.35	116.07	
4705	0.25	116.32	
4721	0.58	116.90	
4721	2.03	118.93	
4721	1.85	120.78	RELOGUEA SECCION DE 4100' A 4300'
4721	0.37	121.15	
4721	1.42	122.57	REEMPLAZA ELEVADOR DEL TOP DRIVE
4721	0.77	123.33	
4767	0.48	123.82	



Tabla 3.2. Tiempo real CDM0001E-1 (Continuación)

TABLA DE TIEMPOS FASE 8 1/2" POZO CDM0002E-1 (SLANT 1) REAL			
Profundidad	Tiempo	Acumulado	Comentario
4767	0.30	124.12	
4767	0.28	124.40	
4830	0.40	124.80	
4830	0.35	125.15	
4830	0.17	125.32	
4891	0.58	125.90	
4891	0.50	126.40	
4891	0.25	126.65	
4906	0.33	126.98	
4955	0.82	127.80	
4955	0.52	128.32	
4955	0.18	128.50	
4989	0.50	129.00	
4989	0.08	129.08	
5018	0.43	129.52	
5018	0.43	129.95	
5018	0.18	130.13	
5080	0.43	130.57	
5080	0.50	131.07	
5080	0.17	131.23	
5144	0.35	131.58	
5144	0.45	132.03	
5144	0.17	132.20	
5207	0.17	132.37	
5207	0.03	132.40	
5207	0.25	132.65	
5207	0.17	132.82	
5269	0.18	133.00	
5269	0.32	133.32	
5269	0.17	133.48	
5332	0.18	133.67	
5332	0.40	134.07	
5332	0.23	134.30	
5395	0.18	134.48	
5395	0.57	135.05	
5395	0.17	135.22	
5429	0.13	135.35	
5429	0.20	135.55	
5458	0.23	135.78	
5458	0.72	136.50	
5458	0.22	136.72	

Tabla 3.2. Tiempo real CDM0001E-1 (Continuación)

TABLA DE TIEMPOS FASE 8 1/2" POZO CDM0002E-1 (SLANT 1) REAL			
Profundidad	Tiempo	Acumulado	Comentario
5492	0.08	136.80	
5492	0.08	136.88	
5520	0.15	137.03	
5520	0.62	137.65	BOMBEO PILDORA
5520	0.22	137.87	
5545	0.12	137.98	
5583	0.15	138.13	
5583	0.35	138.48	
5583	0.17	138.65	
5618	0.10	138.75	
5618	0.17	138.92	
5643	0.25	139.17	
5646	0.03	139.20	
5646	0.37	139.57	
5646	0.17	139.73	
5708	0.67	140.40	
5708	0.25	140.65	
5708	0.25	140.90	
5771	3.68	144.58	
5771	0.20	144.78	
5771	0.33	145.12	
5834	1.77	146.88	
5834	0.33	147.22	
5834	0.17	147.38	
5897	1.68	149.07	
5897	0.42	149.48	
5897	0.12	149.60	
5960	0.27	149.87	
5960	0.77	150.63	
5960	0.17	150.80	
6022	1.37	152.17	
6022	0.73	152.90	
6022	0.13	153.03	
6049	0.62	153.65	
6084	0.57	154.22	
6084	2.18	156.40	
6084	0.88	157.28	
6084	1.45	158.73	
6084	1.75	160.48	PRESENTO ARRASTRE
6084	2.12	162.60	
6084	0.55	163.15	PRESENTO ARRASTRE

Tabla 3.2. Tiempo real CDM0001E-1 (Continuación)

TABLA DE TIEMPOS FASE 8 1/2" POZO CDM0002E-1 (SLANT 1) REAL			
Profundidad	Tiempo	Acumulado	Comentario
6084	6.25	169.40	
6084	1.00	170.40	QUEBRO HWDP, MARTILLO, HWDP Y MONEL
6084	2.58	172.98	DESCARGO MEMORIAS LWD
6084	0.42	173.40	QUEBRO HEL/MFR
6084	0.23	173.63	DESCARGO MOTOR
6084	0.52	174.15	DESCARGO MOTOR
6084	0.17	174.32	QUEBRO AGS
6084	0.17	174.48	BAJO MOTOR
6084	0.25	174.73	BAJO AGS

Tabla 3. 3. Tiempo efectivo CDM0001E-1

TABLA DE TIEMPOS FASE 8 1/2" POZO CDM0002E-1 PERFORACIÓN EFECTIVA		
Profundidad	Tiempo	Acumulado
1722.00	0.75	0.75
1753.00	0.53	1.28
1785.00	0.45	1.73
1797.00	0.27	2.00
1844.00	0.43	2.43
1859.00	0.22	2.65
1880.00	0.27	2.92
1904.00	0.27	3.18
1908.00	0.05	3.23
1920.00	0.12	3.35
1970.00	0.27	3.62
2033.00	0.38	4.00
2068.00	0.27	4.27
2095.00	0.17	4.43
2100.00	0.05	4.48
2130.00	0.33	4.82
2157.00	0.08	4.90
2220.00	0.25	5.15
2229.00	0.05	5.20
2282.00	0.73	5.93
2297.00	0.08	6.02
2320.00	0.17	6.18
2347.00	0.33	6.52
2358.00	0.18	6.70
2381.00	0.17	6.87

Tabla 3.3. Tiempo efectivo CDM0001E-1 (Continuación)

TABLA DE TIEMPOS FASE 8 1/2" POZO CDM0002E-1 PERFORACIÓN EFECTIVA		
Profundidad	Tiempo	Acumulado
2409.00	0.40	7.27
2429.00	0.17	7.43
2472.00	0.30	7.73
2492.00	0.10	7.83
2531.00	0.45	8.28
2541.00	0.15	8.43
2590.00	0.47	8.90
2600.00	0.05	8.95
2651.00	0.88	9.83
2690.00	0.78	10.62
2711.00	0.35	10.97
2721.00	0.10	11.07
2771.00	0.78	11.85
2786.00	0.13	11.98
2831.00	1.73	13.72
2851.00	0.62	14.33
2892.00	0.83	15.17
2926.00	0.43	15.60
2952.00	0.30	15.90
2987.00	0.32	16.22
3003.00	0.40	16.62
3013.00	0.67	17.28
3045.00	0.50	17.78
3072.00	0.32	18.10
3131.00	0.63	18.73
3165.00	0.25	18.98
3170.00	0.13	19.12
3191.00	0.75	19.87
3206.00	0.20	20.07
3251.00	1.47	21.53
3312.00	1.50	23.03
3372.00	1.58	24.62
3432.00	0.40	25.02
3492.00	1.18	26.20
3552.00	1.25	27.45
3614.00	0.67	28.12
3624.00	0.33	28.45
3673.00	0.35	28.80
3732.00	0.45	29.25
3776.00	0.55	29.80
3795.00	0.12	29.92
3820.00	0.53	30.45

Tabla 3.3. Tiempo efectivo CDM0001E-1 (Continuación)

TABLA DE TIEMPOS FASE 8 1/2" POZO CDM0002E-1 PERFORACIÓN EFECTIVA		
Profundidad	Tiempo	Acumulado
3851.00	0.32	30.77
3911.00	0.47	31.23
3943.00	1.05	32.28
3970.00	0.12	32.40
3980.00	0.13	32.53
4030.00	0.23	32.77
4062.00	0.20	32.97
4089.00	0.17	33.13
4105.00	0.12	33.25
4149.00	0.15	33.40
4179.00	0.10	33.50
4210.00	0.05	33.55
4269.00	1.98	35.53
4272.00	0.27	35.80
4280.00	1.38	37.18
4329.00	1.00	38.18
4349.00	0.85	39.03
4369.00	0.38	39.42
4392.00	0.18	39.60
4422.00	0.47	40.07
4425.00	0.13	40.20
4454.00	0.37	40.57
4487.00	0.07	40.63
4515.00	0.17	40.80
4525.00	0.33	41.13
4579.00	1.22	42.35
4600.00	0.65	43.00
4642.00	1.07	44.07
4675.00	0.83	44.90
4705.00	0.57	45.47
4721.00	0.58	46.05
4767.00	0.48	46.53
4830.00	0.40	46.93
4891.00	0.58	47.52
4906.00	0.33	47.85
4955.00	0.82	48.67
4989.00	0.50	49.17
5018.00	0.43	49.60
5080.00	0.43	50.03
5144.00	0.35	50.38
5207.00	0.17	50.55
5269.00	0.18	50.73

Tabla 3.3. Tiempo efectivo CDM0001E-1 (Continuación)

TABLA DE TIEMPOS FASE 8 1/2" POZO CDM0002E-1 PERFORACIÓN EFECTIVA		
Profundidad	Tiempo	Acumulado
5332.00	0.18	50.92
5395.00	0.18	51.10
5429.00	0.13	51.23
5458.00	0.23	51.47
5492.00	0.08	51.55
5520.00	0.15	51.70
5545.00	0.12	51.82
5583.00	0.15	51.97
5618.00	0.10	52.07
5643.00	0.25	52.32
5646.00	0.03	52.35
5708.00	0.67	53.02
5771.00	3.68	56.70
5834.00	1.77	58.47
5897.00	1.68	60.15
5960.00	0.27	60.42
6022.00	1.37	61.78
6049.00	0.62	62.40
6084.00	0.57	62.97

Tabla 3. 4. Tiempo Planificado CDM0002E-2

TABLA DE TIEMPOS FASE 8 1/2" POZO CDM0002E-2 (SLANT 2) SEGÚN PROGRAMA			
Profundidad	Tiempo	Acumulado	Comentario
1780	4.00	4.00	Armar y bajar BHA direccional con mecha de 8 1/2", hasta una profundidad de 1780 (KOP)
1780	1.00	5	Circular hasta retorno limpio
3157.6	44.00	49	Perforar hasta el tope del marcador "O", continuar hasta tope del miembro morichal y seguir perforando hasta la profundidad final
6380.5	2.00	51	Bombear píldora y circular hasta retorno limpio
6380.5	18.00	69	Circular hasta retorno limpio y Sacar en back reaming hasta la zapata
6380.5	10.00	79	Bajar y sacar hasta superficie
6380.5	2.00	81	Acondicionar planchada

Tabla 3. 5. Tiempo real CDM0002E-2

TABLA DE TIEMPOS FASE 8 1/2" POZO CDM0002E-2 (SLANT 2)			
REAL			
Prof.	Tiempo	Acumulado	Comentario
1861	0.33	0.33	ARMO MOTOR Y MECHA
1861	0.42	0.75	ARMO HEL, MFR
1861	0.17	0.92	MIDIO TFO (50.39)
1861	0.83	1.75	PROGRAMO HERRAMIENTA
1861	2.00	3.75	ESPERO FORMULAR LODO
1861	1.00	4.75	PROBO HERRAMIENTAS MWD Y MOTOR
1861	5.50	10.25	
1861	1.33	11.58	CONECTO PARA CHEQUEAR APOYO
1861	0.08	11.67	REPASO 1 TUBO CON ROTARIA
1861	0.33	12.00	TOCO CEMENTO BLANDO A 1817'
1861	1.00	13.00	LIMPIO CEMENTO DESDE 1851' HASTA 1861'
1861	0.25	13.25	LEVANTO HASTA LA ZAPATA
1861	5.00	18.25	DESPLAZO Y HOMOGENIZO
1861	0.25	18.50	
1871	0.08	18.58	
1881	0.08	18.67	
1901	0.17	18.83	
1922	0.17	19.00	
1922	0.45	19.45	CONECTA HWDP PARA EMPAREJAR TALLY
1922	0.50	19.95	
1937	0.13	20.08	
1956	0.17	20.25	
1956	0.17	20.42	
1956	0.17	20.58	
2006	0.18	20.77	
2016	0.03	20.80	
2016	0.28	21.08	
2016	0.17	21.25	
2026	0.08	21.33	
2079	0.50	21.83	
2079	0.08	21.92	
2079	0.17	22.08	
2142	0.50	22.58	
2142	0.08	22.67	
2142	0.23	22.90	
2175	0.17	23.07	
2175	0.10	23.17	
2175	0.22	23.38	
2235	0.62	24.00	
2235	0.17	24.17	
2235	0.17	24.33	

Tabla 3. 5. Tiempo real CDM0002E-2 (Continuación)

TABLA DE TIEMPOS FASE 8 1/2" POZO CDM0002E-2 (SLANT 2)			
REAL			
Prof.	Tiempo	Acumulado	Comentario
2297	0.33	24.67	
2297	0.08	24.75	
2297	0.17	24.92	
2359	0.50	25.42	
2359	0.08	25.50	
2359	0.18	25.68	
2379	0.22	25.90	
2379	0.08	25.98	
2412	0.68	26.67	
2422	0.08	26.75	
2422	0.08	26.83	
2422	0.08	26.92	
2452	0.08	27.00	
2452	0.10	27.10	
2452	0.08	27.18	
2515	0.40	27.58	
2515	0.08	27.67	
2515	0.13	27.80	
2565	0.42	28.22	
2576	0.10	28.32	
2576	0.18	28.50	
2576	0.22	28.72	BOMBEO PILDORA
2636	0.80	29.52	
2636	0.23	29.75	
2636	0.18	29.93	
2695	0.40	30.33	
2695	0.40	30.73	
2695	0.18	30.92	
2705	0.10	31.02	
2735	0.50	31.52	
2756	0.25	31.77	
2756	0.23	32.00	
2756	0.17	32.17	
2791	0.42	32.58	
2817	0.33	32.92	
2817	0.25	33.17	
2817	0.32	33.48	
2832	0.13	33.62	
2869	0.63	34.25	
2875	0.12	34.37	
2875	0.32	34.68	



Tabla 3. 5. Tiempo real CDM0002E-2 (Continuación)

TABLA DE TIEMPOS FASE 8 1/2" POZO CDM0002E-2 (SLANT 2)			
REAL			
Prof.	Tiempo	Acumulado	Comentario
2875	0.17	34.85	
2885	0.13	34.98	
2910	0.28	35.27	
2935	0.13	35.40	
2935	0.22	35.62	
2935	0.17	35.78	
2950	0.07	35.85	
2993	0.40	36.25	
2993	0.28	36.53	
2993	0.18	36.72	
3012	0.15	36.87	
3054	0.20	37.07	
3054	0.20	37.27	
3054	0.18	37.45	
3074	0.25	37.70	
3089	0.52	38.22	
3115	0.30	38.52	
3115	0.27	38.78	
3115	0.18	38.97	
3148	0.90	39.87	
3148	0.15	40.02	
3174	0.55	40.57	
3174	0.35	40.92	
3174	0.17	41.08	
3235	1.50	42.58	
3235	0.80	43.38	
3295	0.83	44.22	
3295	0.33	44.55	
3295	0.13	44.68	
3308	0.13	44.82	
3355	0.15	44.97	
3355	0.48	45.45	BOMBEO PILDORA
3355	0.08	45.53	
3389	0.17	45.70	
3389	0.13	45.83	
3415	0.27	46.10	
3415	0.37	46.47	
3415	0.10	46.57	
3476	0.32	46.88	
3476	0.43	47.32	
3476	0.10	47.42	

Tabla 3. 5. Tiempo real CDM0002E-2 (Continuación)

TABLA DE TIEMPOS FASE 8 1/2" POZO CDM0002E-2 (SLANT 2)			
REAL			
Prof.	Tiempo	Acumulado	Comentario
3536	0.37	47.78	
3536	0.42	48.20	
3536	0.13	48.33	
3595	0.40	48.73	
3595	0.35	49.08	
3595	0.25	49.33	CAMBIO DE MALLAS DE LAS ZARANDAS
3656	0.47	49.80	
3656	0.28	50.08	
3656	0.08	50.17	
3717	0.20	50.37	
3717	0.27	50.63	
3717	0.12	50.75	
3777	0.12	50.87	
3777	0.23	51.10	
3777	0.07	51.17	
3797	0.20	51.37	
3835	0.20	51.57	
3835	0.43	52.00	
3835	0.13	52.13	
3894	0.20	52.33	
3894	0.28	52.62	
3894	0.17	52.78	
3909	0.12	52.90	
3952	0.15	53.05	
3952	0.20	53.25	
3952	0.13	53.38	
4012	0.40	53.78	
4012	0.23	54.02	
4012	0.17	54.18	
4073	0.25	54.43	
4073	0.40	54.83	
4073	0.17	55.00	
4093	0.15	55.15	
4132	0.13	55.28	
4132	0.10	55.38	
4132	0.18	55.57	
4191	0.28	55.85	
4191	0.22	56.07	
4191	0.17	56.23	
4199	0.17	56.40	
4214	1.28	57.68	

Tabla 3. 5. Tiempo real CDM0002E-2 (Continuación)

TABLA DE TIEMPOS FASE 8 1/2" POZO CDM0002E-2 (SLANT 2)			
REAL			
Prof.	Tiempo	Acumulado	Comentario
4216	0.57	58.25	
4218	0.27	58.52	
4218	0.73	59.25	REPARANDO MANGUERA
4226	0.08	59.33	
4226	0.13	59.47	
4251	0.70	60.17	
4251	0.57	60.73	
4251	0.18	60.92	
4271	0.40	61.32	
4311	1.23	62.55	
4311	0.67	63.22	
4311	0.18	63.40	
4326	0.28	63.68	
4326	0.22	63.90	
4346	0.25	64.15	
4346	0.15	64.30	
4356	0.12	64.42	
4371	0.22	64.63	
4371	0.62	65.25	
4371	0.13	65.38	
4407	0.42	65.80	
4407	0.18	65.98	
4434	0.27	66.25	
4434	0.42	66.67	
4434	0.17	66.83	
4469	0.15	66.98	
4469	0.10	67.08	
4498	0.38	67.47	
4498	0.28	67.75	
4498	0.18	67.93	
4558	1.15	69.08	
4558	0.17	69.25	REVENTO LOS CLAVOS DE LAS BOMBAS
4558	0.28	69.53	
4558	10.72	80.25	VIAJE A SUPERFICIE POR NO TENER CIRCULACION
4558	0.25	80.50	QUEBRO MARTILLO
4558	0.25	80.75	QUEBRO MONEL
4558	0.50	81.25	LIMPIO JUNK BASKET
4558	0.50	81.75	QUEBRO HEL/MFR
4558	0.50	82.25	SE OBSERVO ROTURA DEL MOTOR
4558	0.50	82.75	QUEBRO MECHA
4558	0.17	82.92	LIMPIO MOTOR

Tabla 3. 5. Tiempo real CDM0002E-2 (Continuación)

<b>TABLA DE TIEMPOS FASE 8 1/2" POZO CDM0002E-2 (SLANT 2)</b>			
<b>REAL</b>			
<b>Prof.</b>	<b>Tiempo</b>	<b>Acumulado</b>	<b>Comentario</b>
4558	0.17	83.08	BAJO MOTOR A LA CORREDERA
4558	1.17	84.25	DESCARGO MEMORIA
4558	0.58	84.83	CONECTO MOTOR Y MECHA
4558	0.75	85.58	CONECTO MFR
4558	0.50	86.08	CONECTO HEL
4558	0.17	86.25	MIDIO TFO (119.55)
4558	1.17	87.42	PROGRAMO HERRAMIENTA
4558	0.33	87.75	CONECTO MONEL
4558	0.17	87.92	PRUEBA DE SUPERFICIE
4558	0.25	88.17	CONECTO MARTILLO
4558	13.42	101.58	VIAJE A FONDO
4558	0.83	102.42	CIRCULA FONDO ARRIBA
4558	0.17	102.58	
4583	0.42	103.00	
4598	0.25	103.25	
4617	0.42	103.67	
4617	1.25	104.92	
4617	0.23	105.15	
4617	0.18	105.33	
4647	0.52	105.85	
4662	0.20	106.05	
4680	0.52	106.57	
4680	0.70	107.27	
4680	0.18	107.45	
4715	1.07	108.52	
4715	0.17	108.68	TRABAJANDO EN EL MALACATE
4738	0.23	108.92	
4741	0.12	109.03	
4741	0.38	109.42	
4741	0.33	109.75	
4756	0.25	110.00	
4778	0.40	110.40	
4778	0.07	110.47	
4806	0.62	111.08	
4806	0.42	111.50	
4806	1.25	112.75	QUEBRO PAREJA POR PROBLEMA BOMBAS
4826	0.42	113.17	VIAJE A FONDO
4841	0.48	113.65	
4870	0.43	114.08	
4870	0.17	114.25	
4870	0.17	114.42	

Tabla 3. 5. Tiempo real CDM0002E-2 (Continuación)

TABLA DE TIEMPOS FASE 8 1/2" POZO CDM0002E-2 (SLANT 2)			
REAL			
Prof.	Tiempo	Acumulado	Comentario
4903	0.48	114.90	
4903	0.12	115.02	
4932	0.73	115.75	
4932	0.17	115.92	
4932	0.17	116.08	
4966	0.50	116.58	
4995	0.17	116.75	
4995	0.17	116.92	
4995	0.17	117.08	
5058	0.70	117.78	
5058	0.17	117.95	
5058	0.17	118.12	
5088	0.47	118.58	
5120	0.38	118.97	
5120	0.15	119.12	
5120	0.17	119.28	
5183	0.38	119.67	
5183	0.25	119.92	
5183	0.17	120.08	
5246	0.22	120.30	
5246	0.18	120.48	
5246	0.17	120.65	
5308	0.25	120.90	
5308	0.18	121.08	
5308	0.17	121.25	
5372	0.25	121.50	
5372	0.25	121.75	
5372	0.17	121.92	
5435	0.32	122.23	
5435	0.27	122.50	
5435	0.25	122.75	PROBLEMAS CON EL MALACATE
5435	0.17	122.92	
5497	0.38	123.30	
5497	0.28	123.58	
5497	0.17	123.75	
5558	0.25	124.00	
5558	0.28	124.28	
5558	0.17	124.45	
5562	0.20	124.65	
5584	0.08	124.73	
5621	0.67	125.40	

Tabla 3. 5. Tiempo real CDM0002E-2 (Continuación)

TABLA DE TIEMPOS FASE 8 1/2" POZO CDM0002E-2 (SLANT 2)			
REAL			
Prof.	Tiempo	Acumulado	Comentario
5621	0.23	125.63	
5621	0.17	125.80	
5684	0.88	126.68	
5684	0.27	126.95	
5684	0.17	127.12	
5720	0.38	127.50	
5747	0.27	127.77	
5747	0.45	128.22	
5747	0.15	128.37	
5762	0.43	128.80	
5772	0.12	128.92	
5809	0.12	129.03	
5809	0.28	129.32	
5809	0.17	129.48	
5871	0.27	129.75	
5871	0.48	130.23	
5871	0.17	130.40	
5908	0.23	130.63	
5908	0.32	130.95	
5916	0.08	131.03	
5934	0.12	131.15	
5934	0.55	131.70	
5934	0.18	131.88	
5970	0.30	132.18	
5970	0.12	132.30	
5980	0.08	132.38	
5980	0.20	132.58	
5997	0.13	132.72	
5997	0.53	133.25	
5997	0.42	133.67	
6010	0.25	133.92	
6033	0.13	134.05	
6033	0.13	134.18	
6061	0.22	134.40	
6061	0.40	134.80	BOMBEO PILDORA
6061	0.18	134.98	
6096	0.17	135.15	
6096	0.17	135.32	
6111	0.37	135.68	
6124	0.08	135.77	
6124	0.23	136.00	

Tabla 3. 5. Tiempo real CDM0002E-2 (Continuación)

TABLA DE TIEMPOS FASE 8 1/2" POZO CDM0002E-2 (SLANT 2)			
REAL			
Prof.	Tiempo	Acumulado	Comentario
6124	0.30	136.30	
6188	0.68	136.98	
6188	0.13	137.12	
6188	0.17	137.28	
6250	0.80	138.08	
6250	0.42	138.50	
6250	0.17	138.67	
6276	0.75	139.42	
6312	0.42	139.83	
6312	0.33	140.17	
6312	0.15	140.32	
6375	0.67	140.98	
6375	0.25	141.23	
6375	0.17	141.40	
6437	1.65	143.05	
6437	2.07	145.12	BOMBEO PILDORA, CIRCULO Y CAMBIO ORING DE TOPDRIVE
6437	2.05	147.17	
6449	0.50	147.67	
6500	2.67	150.33	
6500	0.23	150.57	
6500	0.18	150.75	
6554	2.17	152.92	
6563	0.30	153.22	
6563	0.28	153.50	
6563	0.17	153.67	
6625	2.82	156.48	
6625	0.35	156.83	
6625	0.17	157.00	
6660	2.67	159.67	
6683	1.50	161.17	
6683	0.58	161.75	
6688	0.55	162.30	
6688	0.28	162.58	
6688	0.17	162.75	
6752	3.92	166.67	
6752	0.92	167.58	
6752	1.45	169.03	PROBLEMAS CON UNA BOMBA, PERDIDA DE CIRCULACION
6752	2.22	171.25	ESPERO EFECTO DE PILDORA
6752	0.67	171.92	
6752	2.28	174.20	
6752	1.38	175.58	SECCION REPETIDA 6600' - 6400'

Tabla 3. 5. Tiempo real CDM0002E-2 (Continuación)

<b>TABLA DE TIEMPOS FASE 8 1/2" POZO CDM0002E-2 (SLANT 2) REAL</b>			
<b>Prof.</b>	<b>Tiempo</b>	<b>Acumulado</b>	<b>Comentario</b>
6752	0.67	176.25	
6752	0.08	176.33	PERDIDA DE 120 BLS DURANTE LA CIRCULACION
6752	0.58	176.92	
6752	0.33	177.25	
6752	1.00	178.25	
6752	0.25	178.50	
6752	0.17	178.67	
6752	0.28	178.95	
6752	2.30	181.25	
6752	8.17	189.42	
6752	1.67	191.08	QUEBRO MARTILLO, MONEL Y BAJO MEMORIA
6752	0.25	191.33	QUEBRO HEL
6752	0.50	191.83	QUEBRO MFR
6752	0.50	192.33	QUEBRO MOTOR Y MECHA

Tabla 3. 6. Tiempo efectivo CDM0002E-2

<b>TABLA DE TIEMPOS FASE 8 1/2" POZO CDM0002E-2 PERFORACIÓN EFECTIVA</b>		
<b>Profundidad</b>	<b>Tiempo</b>	<b>Acumulado</b>
1871	0.15	0.15
1881	0.15	0.31
1901	0.24	0.54
1922	0.24	0.78
1937	0.20	0.98
1956	0.24	1.22
2006	0.25	1.47
2016	0.10	1.58
2026	0.15	1.73
2079	0.57	2.30
2142	0.57	2.87
2175	0.24	3.11
2235	0.69	3.79
2297	0.40	4.20
2359	0.57	4.77
2379	0.29	5.05
2412	0.75	5.81
2422	0.15	5.96
2452	0.15	6.11
2515	0.47	6.58



Tabla 3. 6. Tiempo efectivo CDM0002E-2 (Continuación)

TABLA DE TIEMPOS FASE 8 1/2" POZO CDM0002E-2 PERFORACIÓN EFECTIVA		
Profundidad	Tiempo	Acumulado
2565	0.49	7.07
2576	0.17	7.24
2636	0.87	8.11
2695	0.47	8.58
2705	0.17	8.75
2735	0.57	9.32
2756	0.32	9.64
2791	0.49	10.13
2817	0.40	10.53
2832	0.20	10.73
2869	0.70	11.44
2875	0.19	11.62
2885	0.20	11.83
2910	0.35	12.18
2935	0.20	12.38
2950	0.14	12.52
2993	0.47	12.99
3012	0.22	13.21
3054	0.27	13.48
3074	0.32	13.80
3089	0.59	14.39
3115	0.37	14.76
3148	0.97	15.73
3174	0.62	16.35
3235	1.57	17.92
3295	0.90	18.82
3308	0.20	19.02
3355	0.22	19.24
3389	0.24	19.48
3415	0.34	19.82
3476	0.39	20.20
3536	0.44	20.64
3595	0.47	21.11
3656	0.54	21.65
3717	0.27	21.92
3777	0.19	22.10
3797	0.27	22.37
3835	0.27	22.64
3894	0.27	22.91
3909	0.19	23.10
3952	0.22	23.32

Tabla 3. 6. Tiempo efectivo CDM0002E-2 (Continuación)

TABLA DE TIEMPOS FASE 8 1/2" POZO CDM0002E-2 PERFORACIÓN EFECTIVA		
Profundidad	Tiempo	Acumulado
4012	0.47	23.79
4073	0.32	24.11
4093	0.22	24.33
4132	0.20	24.53
4191	0.35	24.89
4199	0.24	25.12
4214	1.35	26.48
4216	0.64	27.11
4218	0.34	27.45
4226	0.15	27.60
4251	0.77	28.37
4271	0.47	28.84
4311	1.30	30.15
4326	0.35	30.50
4346	0.32	30.82
4356	0.19	31.01
4371	0.29	31.29
4407	0.49	31.78
4434	0.34	32.12
4469	0.22	32.34
4498	0.45	32.79
4558	1.22	34.01
4583.00	0.49	34.50
4598.00	0.32	34.82
4617.00	0.49	35.30
4647.00	0.59	35.89
4662.00	0.27	36.16
4680.00	0.59	36.75
4715.00	1.14	37.88
4738.00	0.30	38.19
4741.00	0.19	38.37
4756.00	0.32	38.69
4778.00	0.47	39.16
4806.00	0.69	39.85
4826.00	0.49	40.34
4841.00	0.55	40.89
4870.00	0.50	41.39
4903.00	0.55	41.95
4932.00	0.80	42.75
4966.00	0.57	43.32
4995.00	0.24	43.56

Tabla 3. 6. Tiempo efectivo CDM0002E-2 (Continuación)

TABLA DE TIEMPOS FASE 8 1/2" POZO CDM0002E-2 PERFORACIÓN EFECTIVA		
Profundidad	Tiempo	Acumulado
5058.00	0.77	44.33
5088.00	0.54	44.86
5120.00	0.45	45.32
5183.00	0.45	45.77
5246.00	0.29	46.06
5308.00	0.32	46.38
5372.00	0.32	46.70
5435.00	0.39	47.08
5497.00	0.45	47.54
5558.00	0.32	47.86
5562.00	0.27	48.13
5584.00	0.15	48.28
5621.00	0.74	49.02
5684.00	0.95	49.97
5720.00	0.45	50.42
5747.00	0.34	50.76
5762.00	0.50	51.26
5772.00	0.19	51.45
5809.00	0.19	51.64
5871.00	0.34	51.97
5908.00	0.30	52.28
5916.00	0.15	52.43
5934.00	0.19	52.62
5970.00	0.37	52.99
5980.00	0.15	53.14
5997.00	0.20	53.34
6010.00	0.32	53.66
6033.00	0.20	53.87
6061.00	0.29	54.15
6096.00	0.24	54.39
6111.00	0.44	54.83
6124.00	0.15	54.98
6188.00	0.75	55.73
6250.00	0.87	56.60
6276.00	0.82	57.42
6312.00	0.49	57.91
6375.00	0.74	58.65
6437.00	1.72	60.37
6449.00	0.57	60.94
6500.00	2.74	63.67
6554.00	2.24	65.91

Tabla 3. 6. Tiempo efectivo CDM0002E-2 (Continuación)

<b>TABLA DE TIEMPOS FASE 8 1/2" POZO CDM0002E-2                      PERFORACIÓN EFECTIVA</b>		
<b>Profundidad</b>	<b>Tiempo</b>	<b>Acumulado</b>
6563.00	0.37	66.28
6625.00	2.89	69.17
6660.00	2.74	71.90
6683.00	1.57	73.47
6688.00	0.62	74.09
6752.00	3.99	78.08