

**OPTIMIZACIÓN DE LA PERFORACION CON FLUIDO AIREADO DE LA FASE
DE 26” EN EL POZO YOPAL 5 MEDIANTE EL ANÁLISIS E IMPLEMENTACION
DE LAS LECCIONES APRENDIDAS EN CUATRO POZOS DE CORRELACION**

MARÍA ISABEL MELÉNDEZ TORRES

MARÍA ALEJANDRA SERRANO SERRANO

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERIAS FÍSICO QUÍMICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA DE PETRÓLEOS
BUCARAMANGA**

2016

**OPTIMIZACIÓN DE LA PERFORACION CON FLUIDO AIREADO DE LA FASE
DE 26” EN EL POZO YOPAL 5 MEDIANTE EL ANÁLISIS E IMPLEMENTACION
DE LAS LECCIONES APRENDIDAS EN CUATRO POZOS DE CORRELACION**

**MARÍA ISABEL MELÉNDEZ TORRES
MARÍA ALEJANDRA SERRANO SERRANO**

Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de
Ingeniero de Petróleos

Director:
WERNEY DE JESUS MACHUCA BOADA
Ingeniero de Petróleos

Co - Directora:
ANA LUISA LENIS OROZCO
Ingeniera de Petróleos

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO QUÍMICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA DE PETRÓLEOS
BUCARAMANGA**

2016

DEDICATORIA

A Dios por darme la vida, la fortaleza, y fe necesarias para perseguir mis sueños.

A mi madre Stella Torres por poner todo su amor y empeño a mi servicio en cada paso que he dado, siempre siendo mi apoyo incondicional. Porque ella más que nadie merece ver retribuido todo su esfuerzo en mí.

A mi Padre Olivo Meléndez que siempre respeto y apoyo mis decisiones en cuanto a mi carrera y me permitió luchar por pertenecer a esta universidad.

A mi hermana Sylvia Juliana Meléndez Torres por creer en mí y transmitirme su amor a diario. Por ser mi ejemplo y enseñarme la importancia de contar con una mejor amiga de por vida.

A mi Abuelita Carmen y a toda mi familia en general por ser el motor que me hace levantarme cada día a luchar por mis metas.

A Nicolás que con su sencillez y nobleza supo alegrar y acompañar cada uno de mis días, mientras caminamos juntos para alcanzar nuestro desarrollo individual y colectivo. Todos los éxitos a tu lado siempre serán más significativos y serán escalones para todos nuestros sueños juntos.

A mis compañeros y amigos de la universidad en especial a Camilo Martínez y a Roger Márquez por su sincera amistad, por este sueño del que un día hablamos juntos y que ya culminamos con éxito.

A los ingenieros Werney de Jesús Machuca, Samuel Fernando Muñoz y Olga Patricia Ortiz por contribuir de manera significativa con su conocimiento a mi crecimiento profesional y sobre todo por darle a nuestra universidad tan excelentes valores.

María Isabel Meléndez Torres

DEDICATORIA

A Dios por ser mi soporte en todo momento, por permitirme realizar cada cosa que hago y por darme una vida en la que soy feliz.

A Omi por ser mi mamá y mi amiga, por sus consejos y por inculcarme la confianza en mi inteligencia y mis capacidades, te amo Omi.

A mi papá Jairo por sus lecciones de vida que me hacen una mejor persona, por su nobleza como padre y su amor incondicional, te amo Pa'.

A Dani por ser la mejor hermana del mundo, por darme apoyo cuando lo he necesitado y ser mi ejemplo a seguir, a Lucy y a Gaby por ser mis razones para dar buen ejemplo y por tanto cariño, por divertirme y estar ahí, las adoro.

A mis abuelitos Eliseo y Omaira por darme una gran cuota de ternura, amor y apoyo necesario para mantenerme firme, son los mejores.

A Diego por llenar mi vida de buenos momentos y animarme a hacer cosas que a veces dudo de ser capaz y por acompañarme en la culminación de esta etapa.

A mis amigas Yeye, Ruddy y Kathe por todos los momentos compartidos, por alegrarme y llenarme de recuerdos que nunca voy a olvidar.

A mi sectica de amor, Patico, Ange, Caro y Silvi por ser las amigas que todos quisieran tener, gracias por estar ahí cada vez que lo he necesitado y por todas las sonrisas que nos quedan por compartir, las quiero.

A Isa por no desistir y estar firme como mi compañera de tesis, gracias querida.

María Alejandra Serrano

AGRADECIMIENTOS

Al ingeniero Werney de Jesús Machuca por la confianza depositada en nosotras para la realización de este trabajo y para nuestro desempeño como auxiliares de la materia de perforación de pozos. Por su apoyo y orientación.

A nuestra co-directora Ana Luisa Lenis Orozco por dar el aval y ser la persona por parte de Equión Energía Limited en frente de este proyecto. Por su confianza y excelente disposición.

A todos los docentes de la Escuela de Ingeniería de Petróleos por contribuir a nuestro desarrollo profesional con excelentes conocimientos y valores.

A la Universidad Industrial de Santander por brindarnos los espacios y herramientas necesarias para sacar adelante nuestro título profesional.

A todo el Equipo de perforación del Pozo Yopal 5 de Equión Energía Limited por el apoyo, la colaboración y la excelente disposición que siempre encontramos en cada uno de ellos frente a nuestra dudas y deseos de aprender de la operación.

En general a Equión Energía Limited por permitirnos la realización de este proyecto y todo el aprendizaje adjunto al mismo.

CONTENIDO

INTRODUCCION.....	
1. PERFORACION BAJO BALANCE	24
1.1 DEFINICION.....	24
1.2 VENTAJAS	25
1.3 DESVENTAJAS.....	25
1.4 TÉCNICA DE PLANEACIÓN DE PERFORACIÓN CON UBD	26
1.4.1 Determinación de los requisitos de presión en el fondo del pozo.....	26
1.4.2 Identificación de las opciones existentes del fluido de perforación	27
1.4.3 Estudios de yacimiento	28
1.4.4 Selección de equipo de superficie.....	29
1.5 FLUIDOS EMPLEADOS EN LA PERFORACION BAJO BALANCE	30
1.5.1 Fluidos gaseosos	30
1.5.2 Fluidos líquidos:	30
1.5.3 Niebla.....	31
1.5.4 Espuma.....	31
1.5.5 Fluido aireado	31
2. “POZOS OFF SET”	40
2.1 OBJETIVOS	40
2.2 FACTORES A ANALIZAR DE LOS POZOS DE CORRELACIÓN.....	41
2.3 METODOLOGIA A UTILIZAR PARA ESTUDIAR LOS POZOS OFFSET, PARA LA PERFORACIÓN CON FLUIDO AIREADO DEL POZO YOPAL 5.....	42
3. ANALISIS DE CUATRO POZOS OFFSET PARA LA PERFORACION DEL POZO YOPAL 5.....	45
3.1 POZO YOPAL 1.....	45
3.1.1 Fase 36”- hueco conductor.....	45
3.1.2 Fase de 26”–hueco de superficie	57
3.2 POZO YOPAL 2.....	74
3.2.1 Fase 36”- hueco conductor.....	74
3.2.2 Análisis fase de 26” – hueco de superficie	85

3.3 POZO YOPAL 3.....	105
3.3.1 Análisis fase de 36” – hueco conductor	105
3.3.2 Análisis fase de 26” – hueco de superficie	122
3.4 POZO YOPAL 4.....	146
3.4.1 Análisis fase de 36” – hueco conductor	146
3.4.2 Análisis fase de 26” – hueco de superficie	158
4. LECCIONES APRENDIDAS APLICADAS DURANTE LA PLANEACIÓN DEL POZO YOPAL 5.....	178
4.1 RESUMEN DE CADA POZO DE CORRELACIÓN.....	178
4.1.1 Pozo Yopal 1	178
4.1.2 Pozo Yopal 2.....	180
4.1.3 Pozo Yopal 3.....	181
4.1.4 Pozo Yopal 4.....	184
4.2 PLANEACIÓN POZO YOPAL 5.....	186
4.2.1 Sección de 36”	186
4.2.2 Sección de 26”	187
5. POZO YOPAL 5	191
5.1 ANÁLISIS FASE DE 36” – HUECO CONDUCTOR	191
5.1.1 Período analizado	191
5.1.2 Análisis Tiempos de la Sección	191
5.1.3 Análisis de operaciones planeadas.....	192
5.1.4 Análisis de operaciones no planeadas – problemas operacionales	200
5.1.5 Análisis “downtime” – pérdida de tiempo por daño en equipos.....	200
5.1.6 Lecciones de la sección de 36”	201
5.2 ANÁLISIS FASE DE 26” – HUECO DE SUPERFICIE	201
5.2.1 Período analizado	202
5.2.2 Análisis tiempos de la Sección	202
5.2.3 Análisis de operaciones planeadas.....	203
5.2.4 Análisis de operaciones “downtime”	220
5.2.5 Lecciones y posibles mejoras de la sección de 26”	221
5.3 PERFORMANCE DE LAS SECCIONES DEL POZO YOPAL 5.....	223

5.4 EVIDENCIA DE LA OPTIMIZACIÓN DEL POZO YOPAL 5.....	224
6. CONCLUSIONES	230
7. RECOMENDACIONES	231
BIBLIOGRAFIA.....	232

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Comparación entre técnica de perforación bajo balance y sobre balance	25
Figura 2. Inyección de gas por tubería de perforación.....	34
Figura 3. Inyección por tubería parásita	34
Figura 4. Inyección de gas por tubería concéntrica	35
Figura 5 Cabezal rotativo	36
Figura 6 Compresores y boosters	37
Figura 7 Separador atmosférico	38
Figura 8 Patín de inyección de aire	39
Figura 9 Drilling Data Plot Fase 36" Pozo Yopal 3	115
Figura 10 Esquema casing Fase 26" Pozo Yopal 3	138
Figura 11 Drilling Data Log Fase 36" Pozo Yopal 4	154
Figura 12 Esquema Casing de 26" Pozo Yopal 4.....	172
Figura 13 Esquema Casing sección 26" Pozo Yopal 5.....	215

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Rangos parámetros hidráulicos, mecánicos y ROP Fase 36" Pozo Yopal 1	48
Tabla 2. Bit Report Fase 36" Pozo Yopal 1	48
Tabla 3 BHA Record Fase 36" Pozo Yopal 1	49
Tabla 4 Surveys fase 36" Pozo Yopal 1	50
Tabla 5 Propiedades del lodo Hueco de 36" Pozo Yopal 1	51
Tabla 6 Concentraciones productos químicos Lodo Fase de 36" Pozo Yopal 1	51
Tabla 7 Volumen de Lodo Fase de 36" Pozo Yopal 1	51
Tabla 8 Cementing Report Fase 36" Pozo Yopal 1	53
Tabla 9 Información BHA #2 para Drill Out Fase 36" Pozo Yopal 1	55
Tabla 10 Rangos parámetros hidráulicos, mecánicos y ROP Fase 36" Pozo Yopal 1	60
Tabla 11 Bit Report Fase 26" Pozo Yopal 1	61
Tabla 12. BHA Record Fase 36" Pozo Yopal 1	62
Tabla 13 Surveys fase 26" Pozo Yopal 1	63
Tabla 14 Concentración de productos químicos en lodo Fase 26" Pozo Yopal 1	64
Tabla 15 Volumen de Lodo Fase de 26" Pozo Yopal 1	65
Tabla 16 Información fluidos para cementación Hueco 26" Pozo Yopal 1	67
Tabla 17. Información BHA #18 para Drill Out Fase 26" Pozo Yopal 1	69
Tabla 18 Rangos parámetros hidráulicos, mecánicos y ROP, Fase 36" Pozo Yopal 2	76
Tabla 19. Bit Record Fase 36" Pozo Yopal 2	77
Tabla 20. BHA Record Fase 36" Pozo Yopal 2	77
Tabla 21 Parámetros promedios de perforación formación Guayabo Fase 36" Pozo Yopal 2	78
Tabla 22 Surveys fase 36" Pozo Yopal 2	79
Tabla 23 Propiedades del lodo Hueco de 36" Pozo Yopal 2	79
Tabla 24 Concentraciones productos químicos Lodo Fase de 36" Pozo Yopal 2	79
Tabla 25 Volúmenes de Lodo Fase de 36" Pozo Yopal 2	80
Tabla 26 Información fluidos para cementación Hueco 36" Pozo Yopal 2	83
Tabla 27. Información BHA #2 para Drill Out Fase 36" Pozo Yopal 2	84
Tabla 28. Rangos parámetros hidráulicos, mecánicos y ROP Fase 26" Pozo Yopal 2	87
Tabla 29 Bit Record Fase 26" Pozo Yopal 2	88
Tabla 30. BHA Record Fase 26" Pozo Yopal 2	88
Tabla 31 Parámetros promedios de perforación formación Guayabo Fase 26" Pozo Yopal 2	92
Tabla 32 Parámetros promedios de perforación formación Charte Fase 26" Pozo Yopal 2	93
Tabla 33 Parámetros promedios de perforación formación Upper León Fase 26" Pozo Yopal 2	94

Tabla 34 Parámetros promedios de perforación formación Middle León Fase 26" Pozo Yopal 2.....	94
Tabla 35 Parámetros promedios de perforación formación Lower León Fase 26" Pozo Yopal 2.....	94
Tabla 36 Surveys fase 26" Pozo Yopal 2.....	95
Tabla 37 Propiedades del lodo Hueco de 26" Pozo Yopal 2.....	97
Tabla 38 Aditivos Lodo Hueco de 26" Pozo Yopal 2.....	97
Tabla 39 Volumen de Lodo Fase de 26" Pozo Yopal 2.....	98
Tabla 40 Información fluidos para cementación Hueco 26" Pozo Yopal 2.....	101
Tabla 41. Información BHA #7 para Drill Out Fase 26" Pozo Yopal 2.....	102
Tabla 42 Rangos parámetros hidráulicos, mecánicos y ROP, Fase 36" Pozo Yopal 3....	108
Tabla 43 . Bit Record Fase 36" Pozo Yopal 3.....	109
Tabla 44 BHA Record Fase 36" Pozo Yopal 3.....	109
Tabla 45 Parámetros promedios de perforación BHA#1 Fase 36" Pozo Yopal 3.....	110
Tabla 46 Parámetros de perforación corrida casing 30" Fase 36" Pozo Yopal 3.....	111
Tabla 47 Gases asociados a la formación Guayabo durante perforación Fase 36" Pozo Yopal 3.....	111
Tabla 48. Surveys fase 36" Pozo Yopal 3.....	112
Tabla 49 Propiedades del lodo Hueco de 36" Pozo Yopal 3.....	113
Tabla 50. Volúmenes de Lodo Fase de 36" Pozo Yopal 3.....	113
Tabla 51 Cementing Report Fase 36" Pozo Yopal 3.....	117
Tabla 52 . Información BHA #3 para Drill Out Fase 36" Pozo Yopal 3.....	119
Tabla 53. Rangos parámetros hidráulicos, mecánicos y ROP Fase 26" Pozo Yopal 3....	125
Tabla 54. Bit Record Fase 26" Pozo Yopal 3.....	126
Tabla 55 BHA Record Fase 26" Pozo Yopal 3.....	126
Tabla 56 Parámetros promedios de perforación formación Guayabo Fase 26" Pozo Yopal 3.....	128
Tabla 57 Gases asociados a la formación Guayabo durante perforación Fase 26" Pozo Yopal 3.....	128
Tabla 58 Parámetros promedios de perforación formación Charte Fase 26" Pozo Yopal 3.....	129
Tabla 59 Gases asociados a formación Charte durante perforación Fase 26" Pozo Yopal 3.....	129
Tabla 60 Surveys fase 26" Pozo Yopal 3.....	130
Tabla 61 Propiedades del lodo Hueco de 26" Pozo Yopal 3.....	131
Tabla 62. Volumen de Lodo Fase de 26" Pozo Yopal 3.....	131
Tabla 63 Tasas de aire y lodo durante la perforación Fase 26" Pozo Yopal 3.....	132
Tabla 64 Presión Stand Pipe durante control de pérdidas Fase 26" Pozo Yopal 3.....	134
Tabla 65 Cementing Report Fase 26" Pozo Yopal 3.....	140
Tabla 66. Información BHA #5 para Drill Out Fase 26" Pozo Yopal 3.....	142

Tabla 67 Rangos parámetros hidráulicos, mecánicos y ROP, Fase36", Pozo Yopal 4....	148
Tabla 68. Bit Record Fase 36" Pozo Yopal 4	149
Tabla 69. BHA Record Fase 36"Pozo Yopal 4	149
Tabla 70 Gases asociados formación Guayabo durante perforación Fase 36" Pozo Yopal 4	150
Tabla 71 Surveys fase 36" Pozo Yopal 4	151
Tabla 72 Propiedades del lodo Hueco de 36" Pozo Yopal 4.....	152
Tabla 73 Productos químicos lodo Hueco de 36" Pozo Yopal 2	152
Tabla 74 Volúmenes de Lodo Fase de 36" Pozo Yopal 4	152
Tabla 75. Información BHA #2 para Drill Out Fase 36" Pozo Yopal 4.....	156
Tabla 76 Rangos hidráulicos, mecánicos y ROP Fase 26" Pozo Yopal 4	161
Tabla 77 Bit Record Fase 26" Pozo Yopal 4.....	162
Tabla 78 BHA Record Fase 26"Pozo Yopal 4	162
Tabla 79 Parámetros promedios de perforación formación Guayabo Fase 26" Pozo Yopal 4	164
Tabla 80 Gases asociados a la formación Guayabo durante perforación Fase 26" Pozo Yopal 4	164
Tabla 81 Parámetros promedios de perforación formación Charte Fase 26" Pozo Yopal 4	165
Tabla 82 Gases asociados a la formación Charte durante perforación Fase 26" Pozo Yopal 4	165
Tabla 83 Surveys fase 36" Pozo Yopal 1	166
Tabla 84 Tasas de aire y lodo durante la perforación Fase 26" Pozo Yopal 4	167
Tabla 85 Propiedades del lodo Fase 26" Pozo Yopal 4.....	168
Tabla 86 Productos químicos lodo Fase 26" Pozo Yopal 4.....	168
Tabla 87 Volumen de Lodo Fase de 26" Pozo Yopal 4	169
Tabla 88 Parámetros durante cementación Fase 26" Pozo Yopal 4	173
Tabla 89 Información BHA #3 para Drill Out Fase 26" Pozo Yopal 4.....	174
Tabla 90 Rangos parámetros hidráulicos, mecánicos y ROP, Fase36",Pozo Yopal 5.....	193
Tabla 91 Bit Record Fase 36" Pozo Yopal 5.....	194
Tabla 92 BHA Record Fase 36"Pozo Yopal 5	194
Tabla 93 Concentraciones del lodo Hueco de 36" Pozo Yopal 5.....	196
Tabla 94 Propiedades del lodo Hueco de 36" Pozo Yopal 5.....	196
Tabla 95 Volumen de Lodo Fase de 36" Pozo Yopal 5	196
Tabla 96 Cementing Report Casing 20" Pozo Yopal 5	199
Tabla 97Información BHA #2 para Drill Out Fase 36" Pozo Yopal 5	200
Tabla 98 Fluidos utilizados para la perforación de la fase 26" Pozo Yopal 5.....	204
Tabla 99 Relaciones de aire usadas durante perforación Fase 26" Pozo Yopal 5	205
Tabla 100 Rangos parámetros hidráulicos, mecánicos y ROP, Fase 26" Pozo Yopal 5..	208
Tabla 101 Bit Record Fase 26" Pozo Yopal 5	208

Tabla 102. BHA Record Fase 26" Pozo Yopal 5.....	208
Tabla 103 Características intervalo perforado Formación Guayabo Fase 26" Pozo Yopal 5	210
Tabla 104 Características intervalo perforado Formación Charte Fase 26" Pozo Yopal 5	210
Tabla 105 Surveys fase 26" Pozo Yopal 5.....	211
Tabla 106 Propiedades del lodo Hueco de 36" Pozo Yopal 1	212
Tabla 107 Concentraciones de productos en lodo de perforación.....	213
Tabla 108 Anotaciones fluidos utilizados	213
Tabla 109. Volumen de Lodo Fase de 26" Pozo Yopal 5	214
Tabla 110 Cementing Report Casing 20" Pozo Yopal 5	217
Tabla 111 Información BHA #3 para Drill Out Fase 26" Pozo Yopal 5.....	219
Tabla 113 Varianza de tiempo según tiempo reportado en el AFE	223
Tabla 114 Tiempos y comentarios de las actividades.....	225
Tabla 115 Reducción de tiempos en cada pozo	228

LISTA DE GRAFICOS

Grafica 1. Distribución de tiempo en la sección de 36" Pozo Yopal 1	46
Grafica 2 Análisis gráfico de las operaciones planeadas Fase 36" Pozo Yopal 1	47
Grafica 3 Análisis gráfico de las operaciones no planeadas Fase 36" Pozo Yopal 1	55
Grafica 4 Análisis gráfico de las operaciones Downtime Fase 36" Pozo Yopal 1	56
Grafica 5. Distribución de tiempo Fase de 26" Pozo Yopal 1	58
Grafica 6 Análisis gráfico de las operaciones planeadas Fase 26" Pozo Yopal 1	59
Grafica 7 Análisis gráfico de las operaciones no planeadas Fase 26" Pozo Yopal 1	70
Grafica 8 Análisis gráfico de las operaciones Downtime Fase 26" Pozo Yopal 1	72
Grafica 9. Distribución de tiempo en la sección de 36" Pozo Yopal 2	74
Grafica 10. Análisis gráfico de las operaciones planeadas Fase 36" Pozo Yopal 2	75
Grafica 11 Distribución de tiempo en la sección de 26" Pozo Yopal 2	85
Grafica 12 Análisis gráfico de las operaciones planeadas Fase 26" Pozo Yopal 2	86
Grafica 13 Análisis gráfico de las operaciones no planeadas Fase 26" Pozo Yopal 2	103
Grafica 14. Análisis gráfico de las operaciones Downtime Fase 26" Pozo Yopal 2	104
Grafica 15. Distribución de tiempo sección de 36" Pozo Yopal 3	106
Grafica 16 Análisis gráfico de las operaciones planeadas Fase 36" Pozo Yopal 3	107
Grafica 17 Análisis gráfico de las operaciones NO planeadas Fase 36" Pozo Yopal 3 ...	119
Grafica 18 Distribución de tiempo en la sección de 26" Pozo Yopal 3	123
Grafica 19. Análisis gráfico de las operaciones planeadas Fase 26" Pozo Yopal 3	124
Grafica 20 Relación aire-lodo perforación Fase 26" Pozo Yopal 3	133
Grafica 21 Perdidas de lodo Fase 26" Pozo Yopal 3	137
Grafica 22. Análisis gráfico de las operaciones no planeadas Fase 26" Pozo Yopal 3 ...	143
Grafica 23. Análisis gráfico de las operaciones Downtime Fase 26" Pozo Yopal 3	144
Grafica 24 Distribución de tiempo en la sección de 36" Pozo Yopal 4	146
Grafica 25 Análisis gráfico de las operaciones planeadas Fase 36" Pozo Yopal 4	147
Grafica 26 Análisis gráfico de las operaciones Downtime Fase 36" Pozo Yopal 4	157
Grafica 27 Distribución de tiempo en la sección de 26" Pozo Yopal 4	159
Grafica 28 Análisis gráfico de las operaciones planeadas Fase 26" Pozo Yopal 4	160
Grafica 29 Relación aire-lodo perforación Fase 26" Pozo Yopal 4	167
Grafica 30 Perdidas de lodo Fase 26" Pozo Yopal 4	170
Grafica 31 Análisis gráfico de las operaciones Downtime Fase 26" Pozo Yopal 4	176
Grafica 32 Distribución de tiempo en la sección de 36" Pozo Yopal 5	191
Grafica 33 Análisis gráfico de las operaciones planeadas Fase 36" Pozo Yopal 5	192
Grafica 34 Distribución de tiempo en la sección de 26" Pozo Yopal 5	202
Grafica 35 Análisis gráfico de las operaciones planeadas Fase 26" Pozo Yopal 5	203
Grafica 36 Combinaciones Aire-Liquido Fase 26" Pozo Yopal 5	205
Grafica 37 ECD vs Relacion Aire	206

Grafica 38 Pérdidas diarias de fluido	207
Grafica 41 Resumen de tiempo por pozo Fase 36"	226
Grafica 42 Resumen de tiempo por pozo Fase 26"	226
Grafica 43 Profundidad vs Perdidas de fluido cumulativas	227
Grafica 44 Comparación de costos Fase 36" entre los cinco pozos.....	228
Grafica 45 Comparación de costos Fase 26" entre los cinco pozos.....	229

LISTA DE ANEXOS

ANEXO A: REGISTROS DURANTE LA PERFORACIÓN DE LOS POZOS DE CORRELACIÓN	235
ANEXO B: BIT REPORT DE BROCAS USADAS EN LA PERFORACION DE LOS POZOS DE CORRELACION.	253
ANEXO C: TABLAS DE DESCRIPCION DE LOS BHA.....	272

RESUMEN

TÍTULO: OPTIMIZACIÓN DE LA PERFORACION CON FLUIDO AIREADO DE LA FASE DE 26" EN EL POZO YOPAL 5 MEDIANTE EL ANÁLISIS E IMPLEMENTACION DE LAS LECCIONES APRENDIDAS EN CUATRO POZOS DE CORRELACION*

AUTORES: MARIA ISABEL MELENDEZ TORRES, MARIA ALEJANDRA SERRANO SERRANO**

PALABRAS CLAVE: Fluido aireado, pozos de correlación, optimización, perforación.

Debido a diferentes problemas que se presentan a diario durante la perforación de formaciones poco consolidadas y/o depletadas mediante la técnica de perforación sobre balance, la industria se ha visto motivada a implementar otras alternativas como lo es la perforación con fluido aireado característico de la perforación bajo balance con el fin de contrarrestar algunos de dichos problemas y poder llevar a cabo una optimización de las operaciones.

Más allá de la técnica de perforación utilizada, es importante el estudio de pozos de correlación mediante el cual se tenga una idea clara de los posibles eventos que se puedan presentar en un pozo posterior y así poder tomar las medidas necesarias para la mitigación de riesgos.

Este trabajo plantea la implementación de una metodología de análisis de pozos de correlación para la planeación de la perforación de un pozo ubicado en el piedemonte llanero y los resultados de su aplicación por medio de la realización del post mortem del pozo en cuestión, teniendo en cuenta una propuesta de perforación con fluido aireado. Para realizarlo, fue necesario el análisis e identificación de las lecciones aprendidas de cuatro pozos de correlación y así llevar a cabo una optimización de la perforación del quinto pozo.

Finalmente, se llevó a cabo un análisis de las operaciones realizadas durante la perforación del quinto pozo, identificando cuales decisiones tomadas durante la planeación fueron acertadas y en qué medida se lograron los objetivos propuestos para dicha operación.

Así mismo se incluye un análisis de posibles lecciones y mejoras que podrían aplicarse para la perforación de un pozo futuro, sirviendo el pozo en estudio como un pozo de correlación.

*Proyecto de Grado

** Facultad de Ingenierías Físicoquímicas, Escuela de Ingeniería de Petróleos

Director: Werney de Jesús Machuca Boada, Ingeniero de petróleo, Codirectora: Ana Luisa Lenis Orozco, Ingeniera de petróleo

ABSTRACT

TÍTULO: DRILLING OPTIMIZATION WITH AERATED FLUID OF THE 26" PHASE IN THE WELL YOPAL 5 THROUGH ANALYSIS AND IMPLEMENTATION OF LEARNED LESSONS FROM FOUR CORRELATION WELLS*

AUTORS: MARIA ISABEL MELENDEZ TORRES, MARIA ALEJANDRA SERRANO SERRANO**

KEY WORDS: Aerated Fluid, Offset Wells, Optimization, Drilling.

Due to different problems that are daily present during poor consolidated and/or depleted formations drilling with overbalance technique. Industry has been motivated itself to implement other alternatives as aerated fluid drilling, typically used in underbalance drilling with the aim of decreasing some overbalanced drilling problems and optimizing all the operations.

Beyond the drilling technique used, it is important to study Offset Wells. Those will allow us to have a clear idea of which events have a big probability to occur again in a new well. With this knowledge we can take the necessary measures to mitigate all possible risks.

This work set out the implementation of an Offset Well analysis methodology for well planning and its application results. The final document is a well post mortem, it describes all the aerated fluid operation and shows the optimization made during drilling operations. Completion of this work was possible due to the study of four Offset Wells, from which we could identify all learnt lessons and applied them to a new well planning.

Finally, the new well post mortem was made by analyzing it with the suggested methodology. The document allows to see how some problems such as fluid losses have been decreased and to define if learned lessons applied were successful or not, in other words to define if we achieved the proposed goals.

Likewise, it includes some new learnt lessons that could be applied for a future well planning, where this last well can be used as an Offset Well.

*Work Degree

**Faculty of Physicochemical's Engineering, School of Petroleum Engineering
Director: Werney de Jesús Machuca Boada, Codirectora: Ana Luisa Lenis Orozco

INTRODUCCION

La perforación bajo balance es una técnica que ha sido implementada con el fin de mitigar problemas propios de la perforación convencional de sobre balance y obtener ventajas sobre la misma teniendo como resultado una perforación menos agresiva ambientalmente y más viable económicamente.

Para la implementación de la misma, ha sido clave la utilización de fluidos de perforación que puedan llevar al cumplimiento de la condición bajo balance, entre los cuales se encuentra el fluido aireado. La utilización de fluido aireado, permite la disminución de la densidad del lodo de perforación como consecuencia de la inyección de aire al mismo, cumpliendo con ésta característica propia de la perforación bajo balance.

Por otro lado, el estudio de pozos de correlación se ha llevado a cabo con éxito a nivel mundial, partiendo de que provee una mayor seguridad al perforar nuevos pozos en la medida que lleva a un conocimiento previo de los posibles eventos que puedan tenerse durante las operaciones de perforación de los mismos.

En este trabajo se presenta una descripción detallada de cuatro pozos de correlación que sirvieron como base para la perforación de un nuevo pozo, en el cual se propone la utilización de fluido aireado como solución a pérdidas masivas de fluido de perforación presentadas en dichos pozos de correlación. Los dos primeros capítulos muestran una introducción teórica acerca de la perforación con fluido aireado como una técnica de perforación bajo balance y la metodología utilizada para llevar a cabo el análisis de pozos de correlación. El capítulo tres

muestra el análisis de los pozos de correlación para, de esta manera, identificar las lecciones aprendidas tenidas en cuenta para la perforación del nuevo pozo y realizar el post mortem del mismo lo cual es presentado en los capítulos 4 y 5.

1. PERFORACION BAJO BALANCE

1.1 DEFINICION

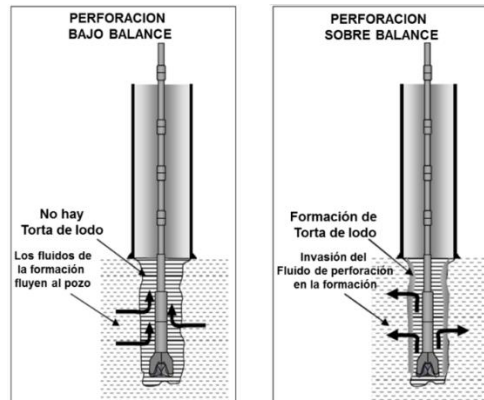
La perforación bajo balance es una técnica alternativa de perforación en la cual la presión hidrostática ejercida por el fluido de perforación que se está utilizando es menor que la presión de formación. Ésta condición se mantiene intencionalmente y puede darse bien sea de forma natural utilizando un fluido de perforación con baja densidad o de forma inducida llevando a cabo una inyección de algún tipo de gas no condensable al fluido para reducir su presión hidrostática efectiva.

Debido a esto, en la perforación bajo balance se presenta un influjo de los fluidos de formación, bien sea agua, petróleo, o gas hacia el pozo, el cual debe ser controlado y es llevado hacia la superficie junto con el fluido de perforación, en donde se somete a un proceso de separación con el fin de mantener el control de la operación, es por esto que ésta técnica también es conocida como “Perforación con Flujo”.

Dado que no se presenta un flujo de fluido de perforación hacia la formación como en la perforación convencional, en la perforación bajo balance no se crea torta de lodo en las paredes del pozo.

La figura 1 presenta gráficamente la comparación entre la técnica de perforación bajo balance y la técnica de perforación convencional.

Figura 1. Comparación entre técnica de perforación bajo balance y sobre balance



Fuente: Introducción a la perforación bajo balance. MiSwaco. 1995.

1.2 VENTAJAS

- Aumento en la tasa de penetración (ROP).
- Aumento en la vida útil de la broca.
- Disminución de pérdidas de circulación.
- Producción temprana.
- Reducción de riesgos de problemas como:
 - Pega diferencial.
 - Incidentes de control de pozo.
 - Daño a la formación.
- Evaluación temprana del yacimiento.

1.3 DESVENTAJAS

- Inestabilidad mecánica de las paredes del pozo.
- Se requieren usar procedimientos y equipos no convencionales.

- Mayor dificultad para identificar las causas de las vibraciones de la sarta de perforación y ensamblaje de fondo.
- Mayor valor comercial de la operación.
- Limitación en el uso de herramientas direccionales en el caso del uso de fluido aireado.

1.4 TÉCNICA DE PLANEACIÓN DE PERFORACIÓN CON UBD

La forma de determinar si un pozo puede o no ser perforado por técnicas bajo balance es cuestionarse sí la estabilidad mecánica de las paredes del pozo es la suficiente para aguantar la operación.

Una vez se haya decidido ejecutar la operación de perforación bajo balance existen cuatro etapas para determinar las opciones y requisitos para los tipos de fluidos y tipo de operación.

1.4.1 Determinación de los requisitos de presión en el fondo del pozo: La presión de poro es el parámetro más importante para llevar a cabo un proyecto de perforación bajo balance con éxito pues es determinante al definir el sistema que se va a utilizar para obtener el estado de bajo balance.

En la literatura se encuentra que formaciones con presiones de poro más bajas son de mayor cuidado a la hora de aplicar la técnica en comparación con formaciones que presenten presiones de poro mayores.

Como se mencionó anteriormente, un problema puede darse cuando se pierda la condición de bajo balance, por lo tanto, lo ideal es mantener dicha condición

durante la operación de perforación. Para esto es importante tener en cuenta el movimiento del fluido, el cual ejerce un efecto dinámico sobre la formación. Mediante un factor de diseño se puede asegurar que dicho efecto dinámico no genere un cambio de bajo balance a sobre balance.

De ésta manera, para la selección del sistema de fluido en una perforación bajo balance, un punto de partida es seleccionar un fluido que proporcione una presión hidrostática que sea inferior a la presión inicial de yacimiento en 200 psi. Sin embargo, para un pozo en particular, debe realizarse un estudio de viabilidad y de esta manera determinar cuál debe ser el diferencial de presión entre la presión hidrostática y la presión de formación, puesto que en determinado caso, se puede tener que 200 psi de presión hidrostática por debajo de la presión de formación no sean suficientes para alcanzar la condición de bajo balance y ésta se perderá en el momento en que se circule y por lo tanto deberá reevaluarse el fluido de perforación.

1.4.2 Identificación de las opciones existentes del fluido de perforación: En cuanto a los fluidos de perforación que pueden ser utilizados para llevar a cabo una perforación bajo balance, debe llevarse a cabo un análisis que tenga en cuenta la aplicabilidad de determinado tipo de fluido, la disponibilidad que se tiene de utilizarlo y su viabilidad teniendo en cuenta que dependiendo del tipo de fluido, se necesitaran equipos especiales para la realización correcta de la perforación.

1.4.3 Estudios de yacimiento: Aunque una operación bajo balance correctamente ejecutada dará resultados favorables en casi cualquier situación, a menudo se pueden obtener resultados con un costo y riesgo considerablemente menor con un programa de perforación convencional (sobre balance) bien diseñado en algunas aplicaciones de yacimientos. Una lista de la información que debe obtenerse antes de diseñar el programa de perforación para cualquier yacimiento con el fin de tener un rendimiento óptimo incluiría:

- **Parámetros de Yacimientos**

1. Rango de la permeabilidad, porosidad y distribución del tamaño de garganta de poro existente en la formación para evaluar la posible pérdida de fluido.
2. La presencia de heterogeneidades macroscópicas (Vugs y fracturas) y tamaño de la abertura de estas características de porosidad si están presentes.
3. Presencia de minerales potencialmente sensibles en la formación (arcillas, anhídrido, halita, etc). Si éstos minerales potencialmente sensibles están presentes (es decir. Arcilla de esmectita u otros materiales sensibles al agua), la reacción de estos materiales con el filtrado de lodo base/ lodo de control propuesto debe ser evaluado cuidadosamente, ya que es altamente probable en la mayoría de las operaciones, que una cierta cantidad de este líquido se invada/ introduzca en la formación.
4. Condiciones de saturación de agua y aceite iniciales in situ (si hay). Las evaluaciones basadas en registros o los análisis regulares de núcleos a veces pueden dar estimaciones erróneas de la saturación inicial si el núcleo y la región cercana al pozo se ha barrido con los fluidos de perforación o el núcleo ha sido manejado inadecuadamente. Generalmente los Registros de inducción

profunda de pozo calibrado dan una indicación razonable de S_{wi} cuando se combina con los datos de los programas de extracción de núcleos.

- **Parámetros de fluido**

1. Composición de los fluidos de yacimiento in-situ.
2. Límite Flash de los fluidos del yacimiento si se considera el uso de aire o gas de combustión para un programa de UBD dado.
3. Evaluar el potencial de emulsión y precipitación del fluido de perforación con los fluidos de la formación.¹

1.4.4 Selección de equipo de superficie: La perforación bajo balance requiere un equipo de superficie apropiado con el fin de mantener el control adecuado de los fluidos tanto inyectados como producidos. Dependiendo de las características de cada pozo (Profundidad, diámetro del hueco, caudal de los fluidos inyectados, caudal anticipado de los fluidos producidos, cantidad de sólidos, características de los fluidos del yacimiento, tipo de sistema de fluido seleccionado y máximas presiones) se determina la configuración y los requerimientos del equipo de control de flujo. De igual forma, el sistema debe brindar el control preciso de la presión en el anular durante la perforación y debe permitir la realización de las conexiones de una forma segura en caso de que el pozo este fluyendo o cuando éste se encuentre cerrado.

¹ D. Brant Bennion, F. Brent Thomas, Ronald F. Bietz, and Douglas W. Bennion. 1992. "Underbalanced Drilling, Praises and Perils". Paper SPE 35242

1.5 FLUIDOS EMPLEADOS EN LA PERFORACION BAJO BALANCE

1.5.1 Fluidos gaseosos: Los fluidos gaseosos posibles son aire, nitrógeno y gas natural. La utilización de aire o gas natural no es recomendable debido a que se corre el riesgo de una explosión en el fondo del pozo ocasionada por la combinación de oxígeno y gas natural. Para evitar los problemas que se pueden dar por el uso de aire, se comenzó a utilizar Nitrógeno, el cual es un gas inerte que disminuye la corrosión y evita las explosiones en fondo de pozo.

La decisión del tipo de fluido a utilizar es totalmente de la compañía operadora, la cual debe tener en cuenta las ventajas y desventajas de cada técnica para su decisión final, así como las implicaciones económicas finales que involucraría dicha decisión. La mejor decisión siempre será el uso de nitrógeno como fluido gaseoso.

1.5.2 Fluidos líquidos: Es la primera opción cuando se quiere obtener una condición bajo balance y consiste en un fluido con una densidad suficientemente baja para alcanzar dicha condición. El primer fluido a tener en cuenta es el agua, pero en caso de que ésta sea muy densa para los requerimientos se procede a considerar el uso de aceite, por ejemplo petróleo. Sin embargo, al usar petróleo crudo como base del fluido de perforación para perforar un yacimiento de petróleo crudo, el sistema de circulación terminara siendo petróleo crudo pues no podrán separarse y de esta manera la operación puede no ser rentable.

1.5.3 Niebla: Consiste en inyectar una pequeña cantidad de fluido líquido al gas (debe ser menor de 2.5% en volumen), el cual formara un sistema de perforación con niebla como consecuencia de la dispersión del mismo en pequeñas gotas. Su utilización requiere un mayor esfuerzo para mantener la limpieza del pozo, sin embargo evita o minimiza algunos de los problemas que pueden darse en la perforación con aire o gas seco.

1.5.4 Espuma: Este tipo de perforación, consiste en la utilización de espuma estable la cual se logra mediante la inyección de una mayor cantidad de líquido que en la perforación con niebla y la adición de un agente surfactante, es decir, la fase continua en este caso es el líquido y el gas se dispersa en forma de burbujas entre el mismo.

1.5.5 Fluido aireado: En el cual se inyecta cierta cantidad de aire al lodo de perforación líquido con el fin de disminuir su densidad. Este tipo de sistema se utiliza cuando el sistema de espuma es demasiado ligero teniendo en cuenta los requerimientos del pozo.

En un sistema de fluido aireado, es de especial cuidado el programa hidráulico del pozo puesto que la proporción entre el líquido y el aire debe ser óptima con el fin de tener un sistema de circulación estable, puesto que si se llega a utilizar más aire del adecuado se puede producir un atascamiento y en caso de utilizar menos aire del adecuado se puede pasar de la condición bajo balance a una condición sobre balance como consecuencia del exceso de la presión requerida en el fondo del pozo.

Una desventaja de los fluidos aireados es que debido al contenido de oxígeno en el gas, pueden llegar a presentarse explosiones en el fondo del pozo si existe un

contacto entre el aire y el hidrocarburo producido, lo cual sería muy posible teniendo en cuenta que al estar bajo balanceado el pozo se producen hidrocarburos durante la perforación.

Adicional a esto, el oxígeno combinado con fluidos salinos a altas temperaturas hace que se dé una corrosión severa tanto en la tubería de perforación como en la tubería de revestimiento, haciendo de éste tipo de fluido el más corrosivo de todos.

Sin embargo, si se lleva a cabo un correcto control del pH, una correcta selección del suministro de agua y se utilizan de forma correcta inhibidores de corrosión, estos fluidos son ampliamente utilizados de manera exitosa.

Otras de las características del fluido aireado son:

- Diseñados para perforar formaciones altamente inestables donde la pérdida de circulación es importante.
- Presentan la mayor tolerancia a la entrada de agua comparado con cualquier otro fluido de perforación bajo balance.
- El transporte de recortes depende de las propiedades de levantamiento y acarreo de recortes del fluido.
- Los costos involucrados están relacionados con la composición del fluido de perforación que está siendo empleado y el inhibidor de corrosión.

Cabe aclarar que así como puede inyectarse aire, también pueden ser inyectados gases como gas natural, nitrógeno, O₂ o CO₂ para formar un sistema gasificado.

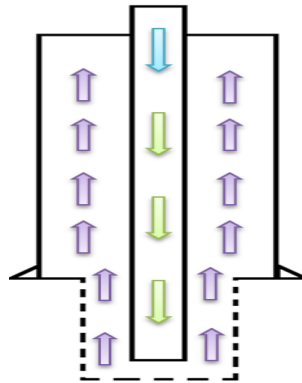
1.5.5.1 Sistemas de inyección de aire: Para realizar la inyección de aire dentro del fluido de perforación, se pueden llevar a cabo los métodos de inyección de gas tratados a continuación:

- **Inyección por tubería de perforación:**

Consiste en inyectar el aire en el Stand Pipe, en donde se mezcla con el fluido de perforación. Este sistema de inyección tiene la ventaja de necesitar cambios mínimos en el diseño del pozo, siendo de gran importancia la capacidad y la presión de los compresores de aire, el equipo de control de presión y un separador de dos fases para separar el fluido aireado inyectado y el gas de formación producido.

Las tasas de inyección de aire usadas en este tipo de inyección son bajas y utilizando esta técnica se pueden conseguir bajas presiones en el fondo del pozo. Sin embargo puede presentarse algún pico de presión en el yacimiento y puede ser difícil mantener un sistema estable como consecuencia de parar el bombeo, lo cual es necesario para aliviar la presión remanente atrapada en la sarta cada vez que se hace una conexión.

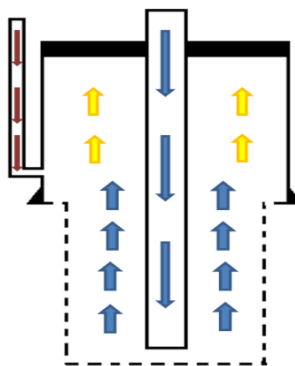
Figura 2. Inyección de gas por tubería de perforación



- **Inyección de gas por tubería parásita**

Este tipo de inyección está limitada a la perforación de pozos verticales. Utiliza una pequeña sarta parasita que se encuentra sujeta a la parte exterior de la tubería de revestimiento de la fase inmediatamente anterior. Por esta pequeña sarta se inyecta el aire al fluido de perforación generando el fluido aireado en el fondo del pozo de tal manera que el fluido de perforación que está retornando por el anular va disminuyendo su densidad hasta alcanzar la condición requerida de bajo balance.

Figura 3. Inyección por tubería parásita



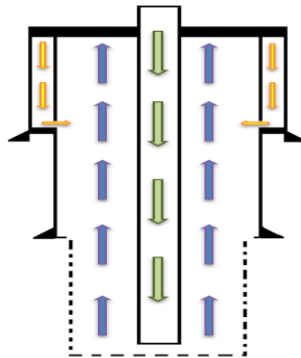
- **Inyección por tubería concéntrica**

Consiste en aliviar la columna hidrostática en el anular utilizando un revestimiento concéntrico no cementado para bombear el aire. Este revestimiento es temporal, de tal manera que cuando la operación haya terminado, puede retirarse.

El aire ingresa por el anular comprendido entre el revestimiento del pozo y la tubería concéntrica temporal con el fin de conseguir de una manera más fácil la presión de fondo necesaria durante la perforación.

En general, este tipo de inyección resuelve algunos de los problemas técnicos que puedan presentarse con la utilización de una tubería parasita.

Figura 4. Inyección de gas por tubería concéntrica



1.5.5.2 Equipos utilizados para la inyección de aire: La lista de equipos utilizados para llevar a cabo la inyección de aire incluye: Cabeza rotatoria, compresores, boosters, separadores y patín de inyección. Dichos equipos serán definidos a continuación.

- **Cabeza rotatoria**

Consiste en un dispositivo instalado sobre el preventor anular para desviar el flujo de los fluidos en superficie y permitir fluir el pozo o cerrarlo de forma segura en cualquier momento.

Según la forma en la cual actúa el elemento sello sobre la tubería de perforación, las cabezas rotatorias pueden ser de tipo activo o pasivo. En las cabezas de sello activo, el sello es asistido con presión hidráulica controlada dependiendo de la presión en el anular y en las de sello pasivo, el diseño geométrico del elemento sellante hace que se auto ajuste alrededor de la tubería de perforación con el aumento de la presión anular.

Figura 5 Cabezal rotativo



Fuente: Equión Energía Limited

- **Equipo de inyección de aire: compresores y boosters**

Los compresores toman el aire de la atmósfera y son utilizados para elevar la presión de la línea desde la presión atmosférica hasta una presión determinada,

siendo los de desplazamiento positivo y dinámicos los más utilizados. Cada tipo de compresor tiene unos principios básicos de operación que permiten seleccionar el más adecuado de acuerdo a los requerimientos. Por lo general, los compresores disponen de un sistema de refrigeración en sus respectivas descargas con el fin de mantener la temperatura de flujo en un rango determinado pues de lo contrario el compresor se puede recalentar y dañarse.

Los Boosters son compresores que elevan aún más la presión de la línea de acuerdo a los requerimientos. Básicamente es una unidad compresora de desplazamiento positivo en la cual el aire debe ser recibido a una mínima presión. Su principio de funcionamiento es de pistón recíprocante.

Para una operación de perforación bajo balance se pueden hacer arreglos de compresores y boosters con el fin de suministrar los volúmenes requeridos.

Figura 6 Compresores y boosters



Fuente: Equión Energía Limited

- **Separadores**

Son tanques de acero presurizados equipados con válvulas de control de presión que permiten controlar y manejar el fluido proveniente del pozo y permiten

mediante la reducción de la velocidad del fluido de entrada, la separación del mismo en sus diferentes fases (líquidos, sólidos, gas, agua, etc).

El sistema de separación debe ser adaptado de acuerdo a los fluidos esperados y debe ser capaz de separar el fluido de perforación del flujo que retorna del pozo para que pueda ser bombeado nuevamente hacia adentro del pozo. Por ejemplo, un separador para un campo de gas seco es muy diferente de un separador adecuado para un campo de crudo pesado. Pueden utilizarse separadores bifásicos, trifásicos y de cuatro fases.

Figura 7 Separador atmosférico

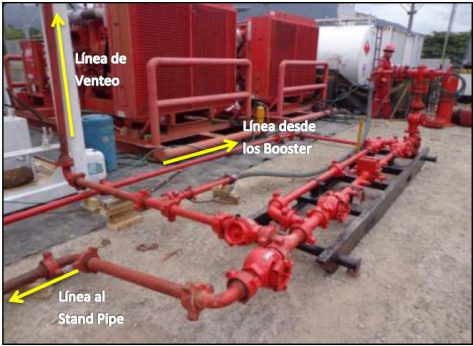


Fuente: Equión Energía Limited

- **Patín de inyección.**

Consiste en un conjunto de tuberías por las cuales se transporta el aire comprimido desde la salida del booster hacia el Stand Pipe.

Figura 8 Patín de inyección de aire



Fuente: Equión Energía Limited

2. “POZOS OFF SET”

Los pozos de correlación son pozos cercanos al prospecto y que tienen similitud litológica y estructural con el mismo, es decir, estos pozos representan la experiencia para la planeación del nuevo pozo a perforar. El objetivo general del análisis de los pozos de correlación consiste en identificar desviaciones de tiempos en las operaciones.

2.1 OBJETIVOS

2.1.1 Definir la desviación de tiempos durante la ejecución de las siguientes operaciones:

- **Operaciones planeadas:**

Se estudian las operaciones planeadas para conocer la diferencia entre los tiempos planeados y los tiempos reales e identificar las operaciones planeadas que se ejecutaron de forma correcta, ya que son lecciones aprendidas

- **Problemas operacionales:**

Los problemas operacionales son importantes ya que permiten conocer el tiempo y costos que implicaron, así mismo identificar sus causas para establecer posibles soluciones.

- **Fallas de equipos básicos y/o personal de perforación:**

Conocer, identificar y cuantificar en tiempo y costos. Este tipo de fallas permite tomar medidas administrativas al respecto para que no se vuelvan a repetir.

2.1.2 Determinar las presiones tanto de fractura como de formación y de esta manera seleccionar el mejor programa de lodos.

2.2 FACTORES A ANALIZAR DE LOS POZOS DE CORRELACIÓN

- Relación Bit Record.
- Análisis Descriptivo de la Trayectoria del Pozo.
- Relación y análisis de BHA's utilizados.
- Relación y análisis de distribución de tiempos.
- Descripción y análisis problemas operacionales.
- Descripción y análisis Down Time.
- Descripción y análisis lodo utilizado por fase.
- Relación y análisis de las propiedades físico-químicas del lodo.
- Descripción operaciones de cementación por fases.
- Análisis de los revestimientos utilizados para cada fase.

- Análisis pruebas de integridad por fases.
- Registros de Temperatura.
- Análisis comportamiento de gases.

Es importante crear un flujo de trabajo, es decir, estandarizar el estudio de los pozos de correlación para de esta manera asegurar que se tendrán en cuenta todos los aspectos sin pasar por alto alguna situación potencial que pueda perjudicar la perforación del nuevo prospecto. Una vez se hayan seguido los pasos que definen y demandan los estudios anteriores, se procede a la creación del programa de perforación.

2.3 METODOLOGIA A UTILIZAR PARA ESTUDIAR LOS POZOS OFFSET, PARA LA PERFORACIÓN CON FLUIDO AIREADO DEL POZO YOPAL 5.

1. Definir los pozos Off Set o de referencia: Estos deben tener una correlación Litológica y estructural y deben ser pozos cercanos al pozo que se va a perforar.
2. Disponer como mínimo del Operation Summary Report: El cual es un documento que se desarrolla en la herramienta Open Wells diariamente en pozo, y en el que se lleva un registro de las operaciones que involucran la perforación del pozo en cuestión. Debe tenerse el documento de cada uno de los pozos de correlación.

Nota: Sería ideal disponer así mismo del “Incident Report” generado por la unidad de Mud Logging, ya que de esta manera se podría verificar la calidad del

Operation Summary Report, y se tendría más seguridad sobre lo ocurrido en la operación.

3. Análisis de operaciones ejecutadas:

Deben clasificarse en:

- Operaciones planeadas (P)
- No planeadas (U=Problemas operacionales)
- Down Time (D =Fallas de Equipo básico y/o personal de operación).

4. Identificar las causas de los problemas operacionales y las soluciones correspondientes para evitar que ocurran en un nuevo pozo.

5. Identificar la causa de la falla de equipos básicos y/o personal de operación y definir las condiciones administrativas requeridas para evitar que se repitan en un nuevo pozo.

6. Con base en el análisis anterior se identifican las lecciones aprendidas.

Para la planeación de las dos primeras secciones del Pozo Yopal 5, se tuvieron como referencia cuatro pozos de correlación.

Los Pozos 1 y 2 fueron perforados de la manera convencional (Sin fluido aireado), pero son directamente vecinos del pozo Yopal 5, es decir, fueron perforados en la misma locación.

Los Pozos 3 y 4 fueron perforados en la locación muy cercana, atravesando las mismas formaciones que los dos primeros, pero éstos utilizaron la técnica de perforación con fluido aireado. En el siguiente capítulo se muestra el resultado del análisis de cada uno de los pozos, análisis realizado por medio de la metodología planteada anteriormente.

3. ANALISIS DE CUATRO POZOS OFFSET PARA LA PERFORACION DEL POZO YOPAL 5

3.1 POZO YOPAL 1

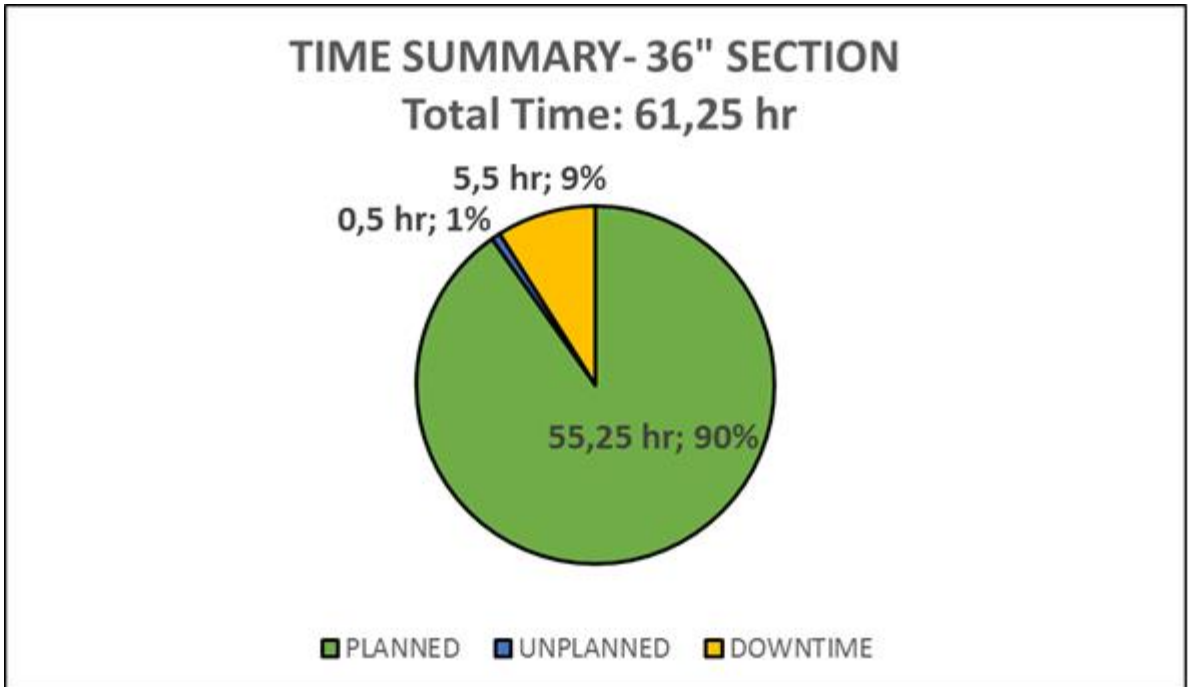
3.1.1 Fase 36"- hueco conductor

3.1.1.1 Periodo analizado: Corresponde a todas las actividades que se ejecutaron durante la perforación y revestimiento del hueco conductor de 36". Desde el 17 de Septiembre de 2009 a las 18:00 horas hasta el 20 de Septiembre de 2011 a las 07:15 horas, para un tiempo total de 61.25 horas analizadas.

3.1.1.2 Análisis de tiempos de la sección: En términos generales en el 90% del tiempo (55.25 hr) se ejecutaron las operaciones planeadas del hueco conductor de 36" (Perforación, Acondicionamiento del hueco para revestir, Revestimiento, Cementación, Instalación del Diverter y Drill Out). El 1% de las actividades (0.5 hr) fueron no planeadas debido a una restricción en el viaje de salida. Y por último en el 9% de las actividades (5.5 hr) se ejecutaron actividades consideradas como Downtime ya que fueron fallas en el equipo o en logística.

A continuación se pueden observar la distribución del tiempo en esta sección:

Grafica 1. Distribución de tiempo en la sección de 36" Pozo Yopal 1



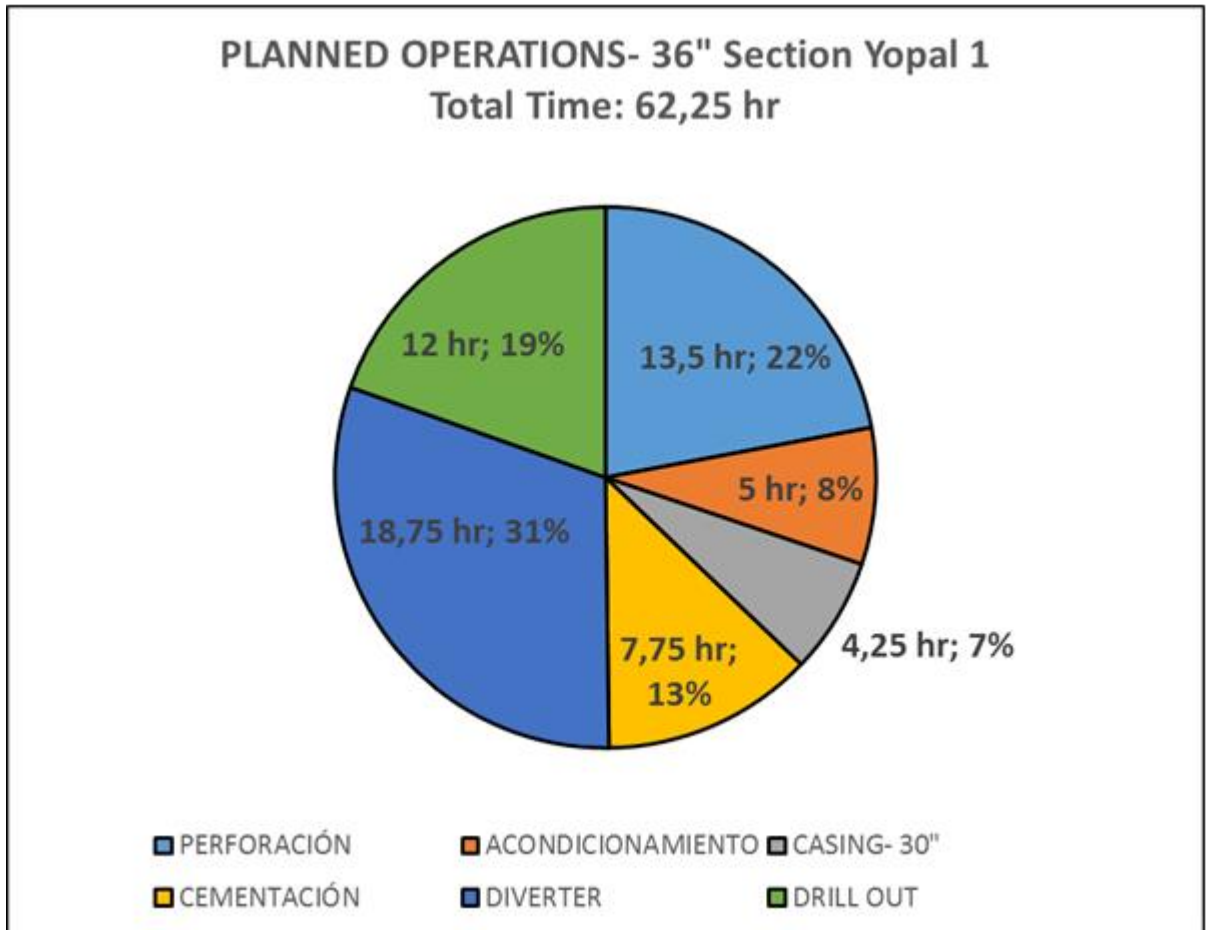
Datos: Equion Energía Limited

3.1.1.3 Análisis de operaciones planeadas

- **Análisis gráfico distribución de tiempo – operaciones planeadas**

A continuación se presenta un análisis gráfico de las operaciones planeadas que se ejecutaron durante la fase de 36".

Grafica 2 Análisis gráfico de las operaciones planeadas Fase 36" Pozo Yopal 1



Datos: Equión Energía Limited

- **Perforación hueco conductor de 36”:**

La Perforación del hueco de 36” inició el 17 de Septiembre de 2009 a las 18:00 y finalizó el 18 de Septiembre de 2009 a las 07:30, para un total de 13.5 horas perforando.

Se perforaron 137 ft de la formación Guayabo, desde superficie hasta 137 ft en MD, es decir, en una trayectoria vertical, con broca tricónica y BHA rotario.

• **Parámetros mecánicos, hidráulicos y ROP:**

En esta sección se trabajaron los parámetros presentados en la siguiente tabla, los cuales fueron leídos directamente del DataLog adjunto en el anexo A:

Tabla 1. Rangos parámetros hidráulicos, mecánicos y ROP Fase 36” Pozo Yopal 1

Parámetro	Rango
RPM	60 rpm
WOB	5 - 15 Klbf
ROP	5 - 10 ft/hr
Torque	3 – 5 Kft-lb
Caudal de bomba	150 – 600 gpm
Presión	20 – 80 psi

Datos: Equion Energía Limited

• **Brocas utilizadas:**

Esta sección se perforo con broca tricónica de 36”, la broca perforó 137 ft en modo de rotación, para un total de horas en fondo de 11.69 horas.

A continuación se presentan las especificaciones de la Broca, tomadas del Bit Record del pozo. Su respectivo Bit Report puede ser consultado en el Anexo B de este libro.

Tabla 2. Bit Report Fase 36” Pozo Yopal 1

Size	Bit Number	Reference	Type	Footage (ft)	Depth in (ft)	Depth out (ft)	Min WOB (klb)	Max WOB (klb)	Average ROP (fph)	Mud Weight	Dull Grading	Manufacturer
36"	1	116M	Tricone	137	0	137	5	13	10,5	8,8	1-1-WT-A-E-I-NO-TD	Valourec

Fuente: Equión Energía Limited

- **BHA:**

Para esta sección se usó un solo BHA, el detalle del mismo se relaciona a continuación:

BHA Record

Tabla 3 BHA Record Fase 36”Pozo Yopal 1

Hole Size (inches)	BHA Number	Bit Number	BHA COMPONENTS	MD in (ft)	MD out (ft)	Time in hole			Mud information			
						Circulating Time (hrs)	On Bottom Time (hrs)	String Rotating Time (hrs)	Mud Type	Plastic Visc (cp)	Yield Point	MW (ppg)
36"	1	1	Tri-Cone Bit - Bit Sub - 9 1/2 DC	0	137	-	5,5	-	WBM	15	20	8,8

Fuente: Equión Energía Limited

Luego de llegar a TD se hizo Reaming y Backreaming entre 50 ft y 137 ft. Se bombearon 120 barriles de píldora viscosa y se sacó sin bomba hasta superficie. No se observaron pérdidas.

- **Formaciones perforadas**

Durante la primera sección del pozo se atravesó la formación Guayabo. La perforación se ejecutó sin inconvenientes con retornos totales, por lo tanto sin pérdida de lodo.

El intervalo perforado de esta formación está compuesto principalmente en la parte superior por areniscas conglomeraticas, Mudstone de solubilidad entre el 60

y el 80% y Sandstone. Se evidencian también Siltstone. No se tuvieron lecturas de gas durante la sección.

Para mayor información de las formaciones perforadas puede referirse al anexo A.

• Trayectoria hueco de 36”

Trayectoria vertical, máxima desviación 0.52° a 127 ft. Como se relaciona en los siguientes surveys:

Cabe aclarar que los surveys fueron tomados con el BHA #2, con el que se realizó el drill out de la sección, es decir, fueron tomados con herramienta MWD.

Tabla 4 Surveys fase 36” Pozo Yopal 1

Comments	MD (ft)	Inc (°)	Azi (°)	TVD (ft)	N/S (ft)	E/W (ft)	V.Sec. (ft)	DLeg (°/100ft)
	0	0	0	0	0	0	0	0
	36	0	317,2	36	0	0	0	0
	50	0,3	317,2	50	0	0	0	2,14
Last 36" Section Survey	127	0,52	317,2	127	0,4	-0,4	-0,5	0,29

Fuente: Equión Energía Limited

• Lodo hueco de 36”

Durante la perforación del hueco de 36” se utilizó un sistema de lodo “AQUAGEL/X-TEND II” manejado por la compañía Halliburton Baroid Fluid Systems, con los productos químicos y concentraciones que se relacionan a continuación.

Propiedades del lodo Hueco de 36"

Tabla 5 Propiedades del lodo Hueco de 36" Pozo Yopal 1

PROPIEDADES	PROGRAMADO	TIPICO	MIN	MAX
Density, ppg	8.6	8.7	8.6	8.8
Funnel Viscosity, Sec/qt	40 – 80	65	48	73
Plastic Viscosity, Cp	20 – 25	15	13	15
Yield Point, lb/100ft ²	20 – 30	23	17	27
pH	8.5 - 9.5	9	9	9.2
Ca, ppm	60 - 80	20	20	20

Datos: Equion Energía Limited

Tabla 6 Concentraciones productos químicos Lodo Fase de 36" Pozo Yopal 1

AQUAGEL / X-TEND II			
Material	Promedio [lpb]	Mínimo [lpb]	Máximo [lpb]
AQUAGEL	15.05	15.05	15.05
X-TEND II	0.07	0.05	0.09

Datos: Equion Energía Limited

Tabla 7 Volumen de Lodo Fase de 36" Pozo Yopal 1

	PROGRAMADO	ACTUAL
Volumen total (barriles)	1,490.00	1,571.90

Datos: Equión Energía Limited

Antes de iniciar la perforación de esta sección el ACUAGEL fue pre-hidratado en los tanques del sistema activo durante 24 horas además 800 barriles de lodo base

agua de 8.6 ppg fueron preparados para el inicio de la perforación en los mismos tanques.

Una vez se inició la perforación, se añadió X-TEND II con la finalidad de mejorar el desempeño del AQUAGEL y de prevenir la dispersión de los cortes en el lodo. Cuando se alcanzó la profundidad de la fase se circularon 100 Bbl de píldora de alta viscosidad.

Después de que se llevó a cabo el viaje de acondicionamiento se colocaron en fondo 123 Bbl de píldora de 9.6 ppg para facilitar la corrida del casing de 30”.

- **Acondicionamiento del hueco para revestir**

El acondicionamiento del hueco para revestir inició una vez terminada la perforación del hueco, es decir, el 18 de septiembre de 2009 a las 07:30 horas y finalizó el mismo día a las 12:30 horas, para un total de 5 horas. La operación consistió en las siguientes actividades:

- Se bombearon y desplazaron a superficie 100 Bbl de píldora de alta viscosidad.
- Se sacó lavando con 650 gpm, 90 psi desde 137 ft a 50 ft.
- Se bajó en elevadores desde 50 ft a 137 ft.
- Se colocaron en fondo 123 Bbl de 9.6 ppg.
- Se sacó en elevadores desde 137 ft hasta 40 ft.

- **Corrida Casing de 30” (234.3 Lb/ft , Grado B, Conexión ST2)**

La corrida Casing de 30” inicio el 18 de Septiembre de 2009 a las 12:30 horas y finalizó el mismo día a las 16:45, para un total de 4.25 horas.

A 127 ft se sentó casing de 30" de 234.4 lb/ft compuesto por un zapato con válvula flotadora y dos juntas de conexión ST-2 Vetco. La corrida se ejecutó según lo planeado y sin ninguna situación relevante.

• **Cementación Casing de 30"**

La cementación del casing de 30" inició el 18 de septiembre de 2009 a las 16:45 horas y finalizó el 19 de Septiembre de 2009 a las 0:30 horas. Para un total de 7.75 horas. El diseño original de volúmenes de cemento fue basado en un hueco abierto estimado de 36" más un exceso del 100%.

Tabla 8 Cementing Report Fase 36" Pozo Yopal 1

Caribbean/Latin America - Colombia - BP													Page 2 of 2	
Cementing Report														
Common Well Name: Pauto M-4 / OH				Site: Pauto M				Report No.: 1		Report Date: 9/17/2009				
Project: FIEDENORTE				Start Date: 9/17/2009				End Date:		Spud Date/Time: 9/17/2009				
Event Type: DRL- ONSHORE (DON)				Contractor: HELMERICH & PAYNE				Rig Name/No.: H&P 152		Rig Release:				
UWI: Pauto Sur M-4				Active Datum: ROTARY TABLE @3,423.5ft (above Mean Sea Level)										
Fluid Name: Fluids (3 of 3)														
Fluid Type: LEAD SLURRY		Class: G-CLASS		Description: LEAD SLURRY		Density: 16.00 (ppg)								
Purpose: SUPPORT		Mix Water Ratio: 4.860 (gal/sk94)		Water Volume: 96.2 (bbl)		Excess: 100.00 (%)								
Yield: 1.1280 (#3/sk94)		Total Vol in Well: 147.0 (bbl)		Slurry Volume: 170.6 (bbl)		Excess Slurry Volume: 170.6 (bbl)								
Sacks Used: 849.00 (94lb sacks)		Density: 8.60 (ppg)		PV: 15.00 (cp)		YP: 20.000 (lb/100ft²)		Viscosity: 46.00 (slqt)						
Other Volume:		Gels 10 Min: 13.000 (lb/100ft²)												
Mud Type:														
Gels 10 Sec: 10.000 (lb/100ft²)														
Additives														
Name		Type		Amount		Units		Concentration (lb/100ft²)		Concentration Unit				
A-7		ACCELERATOR		812.00		LBS		1.000		% WT				
FP-6L		ANTI-FOAM		9.00		GALS		0.010		GAL/SX				
Fluid Tests														
Thick Time (hr)	Thick Temp (°F)	Free Water (%)	Free Water Temp (°F)	Fluid Loss (cc/30min)	Fluid Loss Temp (°F)	Fluid Loss Press (psi)	Comp Strength Time 1 (min)	Comp Strength Pressure 1 (psi)	Comp Strength Temperature 1 (°F)	Comp Strength Time 2 (min)	Comp Strength Pressure 2 (psi)	Comp Strength Temperature 2 (°F)		
2.15	85.0	1.00	85.0				1,035.0		80.0	2,640.0				
Stages														
Stage No.	Stage Type	Est. Top (ft)	Est. Bottom (ft)	Mud Circ. Rate (gpm)	Mud Circ. Press. (psi)	Plug Bumped	Pressure Bumped (psi)	Float Held (min)	Pressure Held (min)	Returns	Circulate Prior (hr)	Cmt Vol to Surface (bbl)	Total Mud Lost (bbl)	
1	PRIMARY CEMENT	0.0	127.0				100.0			24				
Pumping Schedule														
Fluid Pumped		Volume Pumped (bbl)	Avg. Disp. Rate (bbl/min)	Slurry Top TMD (ft)	Slurry Base TMD (ft)	Start Slurry Pmp		Pumping End Date/Time		Foam Job	Gas Type	Gas Vol Used (scf)		

Fuente: Equión Energía Limited

El diseño se hizo para una sola lechada de 16 ppg para cubrir desde el zapato hasta la superficie. El diseño incluía el uso de 30 Bbl de agua fresca como pre flujo para prevenir la contaminación entre el lodo y el cemento, 171 Bbl de lechada de 16 ppg fueron bombeados a 4 bpm, se obtuvo como presión final de circulación 630 psi a 4 bpm. El cemento se desplazó con 11 Bbl de agua fresca a 2 bpm – 49 psi. El trabajo se llevó a cabo sin problemas y de acuerdo a la secuencia planeada.

Una vez terminado el desplazamiento, se liberó la presión a 0 psi y se observa un flujo de retorno en la unidad de cementación “Backflow” de 0.5 Bbl. Por lo que se puede asumir una buena respuesta del equipo de flotación.

- **Instalación del Bell Nipple**

La instalación del Bell Nipple inició el 19 de septiembre de 2009 a las 0:30 horas y finalizó el mismo día a las 19:15 horas, para un tiempo total de 18.75 horas.

- **Drill Out del cemento**

Esta actividad inició a el 19 de septiembre de 2009 a las 19:15 horas y finalizó el 20 de septiembre de 2009 a las 07:15 horas, para un total de 12 horas.

Se corrió BHA # 2, con broca PDC Baker de 26” para realizar el drill out del cemento. Se encontró el tope del cemento a 98 ft, y se perforó cemento desde 98 ft hasta 125 ft con un WOB de 5 Klbs, 50 gpm, 360 psi, 108 rpm, 2.5 Klbs-ft TQ. Luego se continuó perforando el zapato del casing hasta 127 ft, continuando con el Rat Hole hasta 137 ft.

Tabla 9 Información BHA #2 para Drill Out Fase 36” Pozo Yopal 1

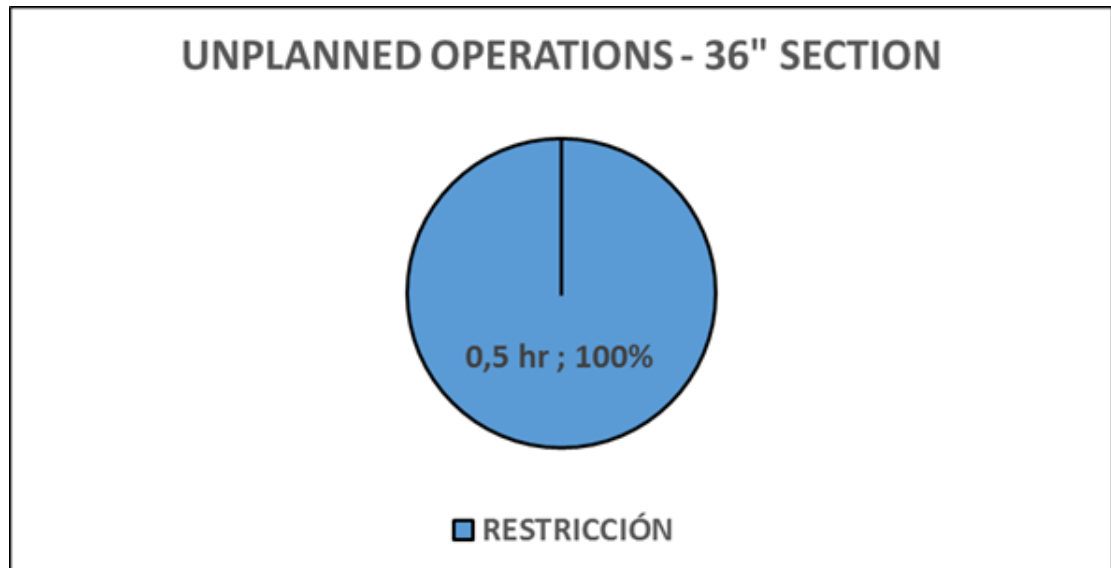
Hole Size (inches)	BHA Number	Bit Number	BHA COMPONENTS	MD in (ft)	MD out (ft)	Time in hole			Mud information			
						Circulating Time (hrs)	On Bottom Time (hrs)	String Rotating Time (hrs)	Mud Type	Plastic Visc (cp)	Yield Point	MW (ppg)
26"	2	2	PDC Bit - Reamer - Motor - MWD - SSTB - 8 1/4 DC - Jar - 9 1/2 DC - HWDP	137	169	5,27	1	1	WBM	16	22	8,9

Datos: Equión Energía Limited

3.1.1.4 Análisis de operaciones no planeadas – problemas operacionales

RESTRICCIÓN (0,5 hr) – Después de realizado el drill out, se levantó la sarta hasta 134 ft, punto en el cual se tuvo una tensión (Overpull) de 10 Klbs, se trabajó la sarta incrementando la tasa de bombeo desde 450 gpm hasta 650 gpm, sin éxito, por último se puso rotaria con 20 rpm, se logró pasar el punto, se puede atribuir el problema a mugre en el pozo debido al bajo galonaje que se estaba trabajando.

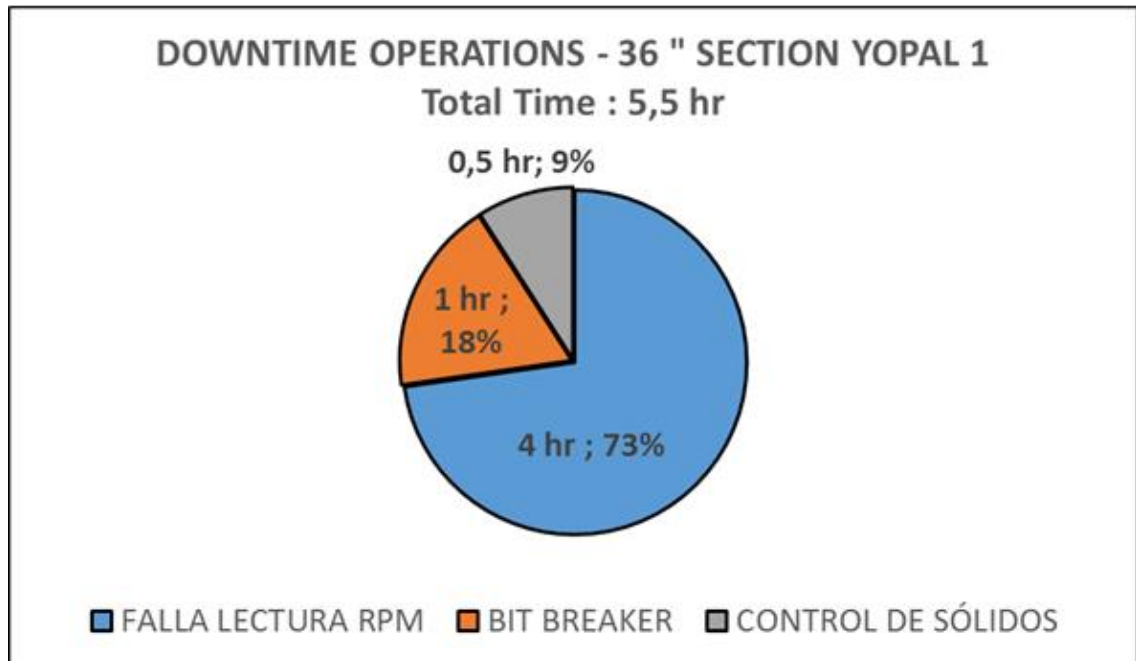
Grafica 3 Análisis gráfico de las operaciones no planeadas Fase 36” Pozo Yopal 1



Datos: Equión Energía Limited

3.1.1.5 Análisis “Downtime” – Pérdida de tiempo por daño en equipos: En esta sección se tuvo 5.5 hr reportadas como Downtime las cuales se distribuyen en los siguientes eventos:

Grafica 4 Análisis gráfico de las operaciones Downtime Fase 36” Pozo Yopal 1



Datos: Equión Energía Limited

FALLA LECTURA RPM (4 hr)- Mientras se hacía la instalación del Diverter y simultáneamente se trabajaba en la alineación del Top Drive, se evidenció una falla de la señal de rpm en la consola del perforador. Por lo tanto fue necesario realizar la reparación del sensor en el Top Drive.

BIT BREAKER (1 hr)- Durante el arme del BHA para el Drill Out de la sección, específicamente cuando se fue a conectar la broca SMITH PDC de 26” se evidencio que el Bit Breaker no era compatible con la mesa rotaria, razón por la cual se decide correr otra broca PDC de 26” en locación de Baker que si contaba con el Bit Breaker adecuado. Se debe tener muy en cuenta revisar este aspecto

en próximas ocasiones, si es necesario subirlo con anticipación a la mesa para probarlo.

EQUIPO CONTROL DE SÓLIDOS (0,5 hr): Se observa que las cunetas de los tanques de lodo no tienen la capacidad suficiente para trabajar con un galonaje de 750 gpm.

3.1.1.6 Lecciones y posibles mejoras de la sección de 36”

- Es necesario hacer una revisión del bit breaker antes de que llegue el momento del arme del BHA.
- Se debe hacer revisiones periódicas a los sensores del equipo para evitar que fallen y que detengan la operación.
- El BHA y la broca seleccionados para la perforación de la fase fueron adecuados, logrando un buen performance.

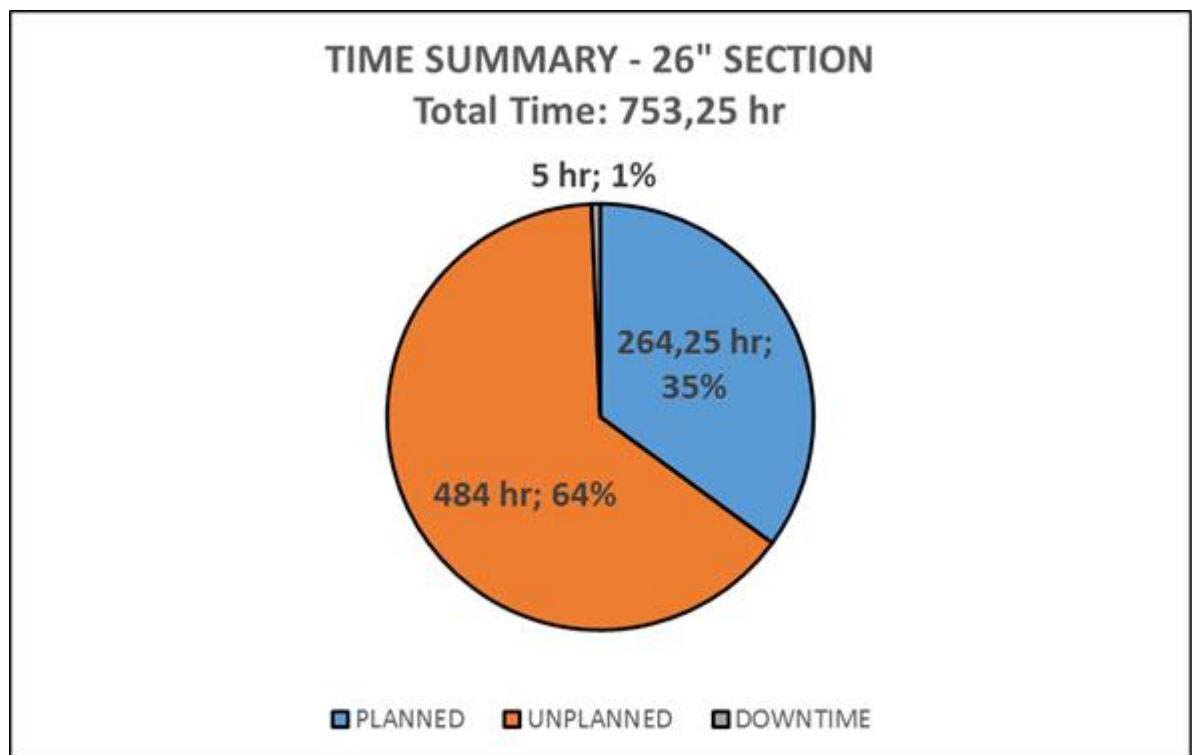
3.1.2 Fase de 26”–hueco de superficie

3.1.2.1 Periodo analizado: Este análisis incluye todas las actividades realizadas desde el inicio de la perforación del primer pie de 26” el 20 de Septiembre de 2009 a las 07:15 horas y finaliza con las actividades relacionadas con las pruebas de integridad de formación el 21 de Octubre de 2009 a las 17:00 horas, para un total de 753.25 horas analizadas.

3.1.2.2 Análisis de tiempos de la sección : En términos generales en el 35% del tiempo se llevaron a cabo operaciones planeadas. En el 64% se ejecutaron operaciones no planeadas y el 1% restante se consumió en operaciones Downtime.

Ésta pérdida de tiempo se debió principalmente a pérdidas masivas de fluido durante la perforación, las cuales no se esperaban.

Grafica 5. Distribución de tiempo Fase de 26" Pozo Yopal 1



Datos: Equion Energía Limited

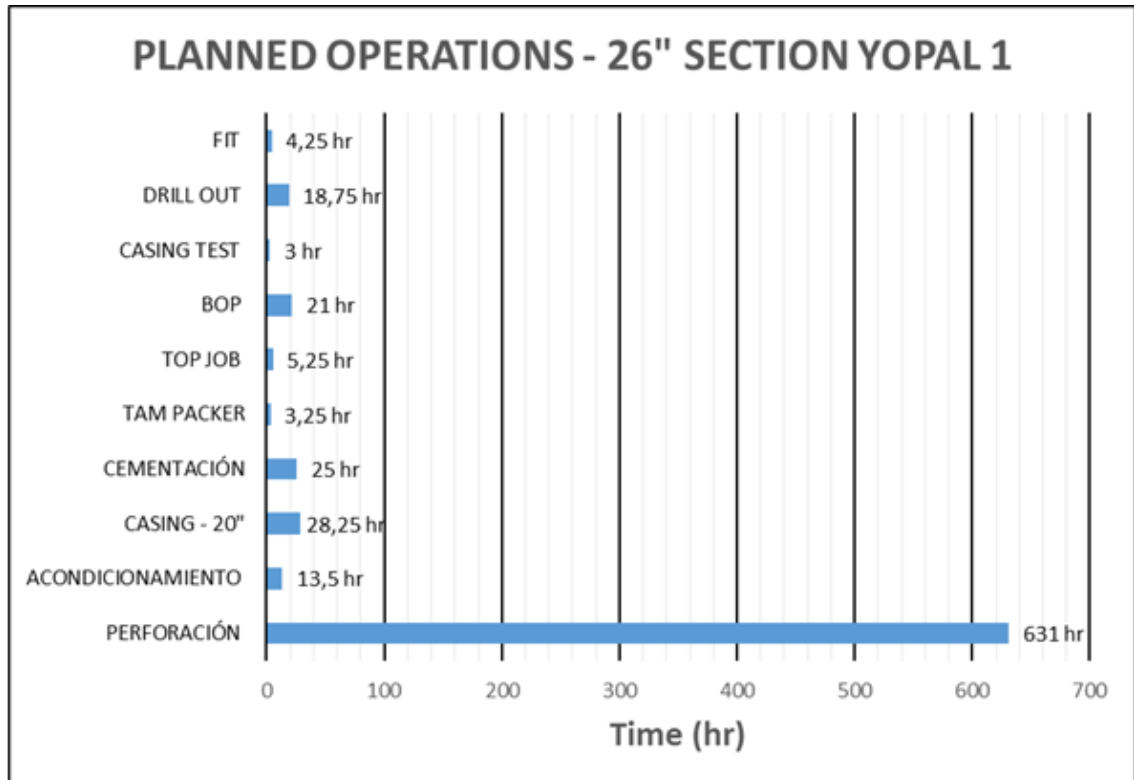
Como lo presenta la gráfica anterior se gastaron un total de 264.25 horas (11.01 días) en operaciones planeadas, 484 horas (20.17 días) en operaciones no planeadas y 5 horas (0.2 días) en operaciones Downtime. A continuación se relaciona un análisis detallado de las operaciones antes mencionadas.

3.1.2.3 Análisis de operaciones planeadas

- Análisis gráfico distribución de tiempo – operaciones planeadas

A continuación se presenta un análisis gráfico de las operaciones planeadas que se ejecutaron durante la fase de 26”.

Grafica 6 Análisis gráfico de las operaciones planeadas Fase 26” Pozo Yopal 1



Datos: Equión Energía Limited

• **Perforación hueco de 26”:**

La Perforación del hueco de 26” inició el 20 de Septiembre de 2009 a las 07:15 y finalizó el 16 de Octubre de 2009 a las 14:45, para un total de 631 horas (26.2 días).

Se perforaron 313 ft (137 ft – 450 ft) de la formación Guayabo, 989 ft (450 ft – 1,439 ft) de la formación Chartre y 931 ft (1,439ft – 2,370 ft) de la formación León. Para un total de 2,233 ft en MD, es decir, en una trayectoria vertical. Para ésta sección se utilizaron dieciséis (16) BHAs, que serán descritos más adelante. El mayor inconveniente que se presentó en esta sección y para el cual no se habían tomado medidas de precaución fue la pérdida masiva de fluido.

• **Parámetros mecánicos, hidráulicos y ROP:**

En esta sección se trabajaron los parámetros presentados en la siguiente tabla, los cuales fueron leídos directamente del DataLog adjunto en el anexo A:

Tabla 10 Rangos parámetros hidráulicos, mecánicos y ROP Fase36” Pozo Yopal 1

Parámetro	Rango
RPM	100 -140
WOB	15 - 22 Klbf
ROP	10 - 60 ft/hr
Torque	12 – 20 Kft-lb
Caudal de bomba	300 – 950 gpm
Presión	500 - 650 psi

Datos: Equión Energía Limited

• **Brocas Utilizadas**

Esta sección se perforo con cuatro (4) brocas en total, una (1) tricónica (BHA # 3, 4, 7, 8, 9, 11, 12) y tres PDC (BHA # 2, 5, 6, 10, 13 – 17) el detalle de las brocas se presenta a continuación. Es importante tener en cuenta que no se anexan Bit Record de las corridas de la 7 a la 12, ya que estas no perforaron formación sino tapones de cemento. El correspondiente Bit Report de cada broca se puede consultar en el anexo B de este libro.

Tabla 11 Bit Report Fase 26” Pozo Yopal 1

Size	Bit Number	Reference	Type	Footage (ft)	Depth in (ft)	Depth out (ft)	Min WOB (klb)	Max WOB (klb)	Average ROP (fph)	Mud Weight	Dull Grading	Manufacturer
26"	2	HCM5065	PDC	32	137	169	8	10	20,8	8,9	0-0-NO-A-X-I-NO-BHA	Hughes
	3	XR+J3C	Tricone	181	169	350	15	20	7,1	9	1-1-WT-A-E-I-NO-BHA	Smith
	4	XR+J3C	Tricone	100	350	465	15	20	16,4	8,7	1-1WT-A-E-I-NO-BHA	Smith
				15								
	5	HCM5065	PDC	199	465	664	10	25	43,26	8,7	0-1-CT-G-X-I-NO-HP	Hughes
	6	HCM5065	PDC	237	664	901	15	30	40,9	8,33	0-1-CT-G-X-I-NO-HP	Hughes
	13	HCM5065	PDC	184	901	1085	10	30	52,02	8,33	0-1-CT-G-X-I-NO-HP	Hughes
	14	S819SPX	PDC	158	1085	1243	10	30	16	8,4	0-1-NO-G-X-I-NO-HP	Smith
	15	S819SPX	PDC	196	1243	1855	15	25	41	8,4	0-1-BT-G-X-I-NO-HP	Smith
				416								
16	S819SPX	PDC	290	1855	2145	15	25	47,7	8,4	0-1-BT-G-X-I-NO-HP	Smith	
17	S819SPX	PDC	225	2145	2370	30	40	18,2	8,4	0-1-BT-G-X-I-NO-TD	Smith	

Fuente: Equión Energía Limited

• **Formaciones Perforadas:**

Durante la sección de 26” del pozo se atravesó la formación Guayabo, Charte y León.

El intervalo perforado de Guayabo, así como en la sección anterior, está compuesto principalmente en la parte superior por areniscas conglomeradas y se evidencian también Siltstone y trazas de Chert en menor proporción.

Guayabo en esta sección fue perforada con una broca PDC de 26" y posteriormente con broca Tricónica. El intervalo perforado de Charte está caracterizado por ser una secuencia de intercalaciones de arenisca y limolita con alguna presencia de lodolita. Ésta formación contiene facies lodosas de la formación por encima de ella, por lo tanto, en la parte más profunda se caracteriza por la presencia de intercalaciones de arenisca y limolita. El color de Charte se decolora entre un gris rojizo y un gris verdoso. Charte al igual que Guayabo fue perforada con una combinación de brocas PDC y Tricónicas. De León no se tiene mayor caracterización debido a la ausencia totales de retornos.

• **BHA**

Para esta sección se usaron dieciséis BHA, a continuación se presenta el Bit Record de la sección, para mayor detalle puede consultar los Bit Reports en el Anexo C.

Tabla 12. BHA Record Fase 36" Pozo Yopal 1

Hole Size (inches)	BHA Number	Bit Number	BHA COMPONENTS	MD in (ft)	MD out (ft)	Time in hole			Mud information			
						Circulating Time (hrs)	On Bottom Time (hrs)	String Rotating Time (hrs)	Mud Type	Plastic Visc (cp)	Yield Point	MW (ppg)
26"	2	2	PDC Bit - Reamer - Motor - MWD - SSTB - 9 1/2 DC - Jar - 9 1/2 DC - HWDP	137	169	5,27	1	1	WBM	16	22	8,9
	3	3	Tri-Cone Bit - 9 1/2 DC - 8 1/4 DC - SSTB - Jar - 8 1/4 DC - HWDP	169	350	26,67	25,6	25,6	WBM	15	18	9
	4	4	Tri-Cone Bit - 9 1/2 DC - SSTB - 8 1/4 DC - Jar - 8 1/4 DC - HWDP	350	465	7	10,5	18,51	WBM	12	15	8,7
	5	5	PDC Bit - Motor - SSTB - 8 1/4 DC - Jar - 8 1/4 DC - HWDP	465	664	4,6	4,6	8	WBM	-	-	8,7
	6	6	PDC Bit - Motor - SSTB - MWD - 8 1/4 DC - Jar - 8 1/4 DC - HWDP	664	901	5,8	5,8	9,85	WBM	-	-	8,33
	13	13	PDC Bit - Motor - SSTB - MWD - 8 1/4 DC - Jar - 8 1/4 DC - HWDP	242	1085	11,9	11,9	26,86	WBM	3	8	8,33
	14	14	PDC Bit - Motor - SSTB - MWD - 9 1/2 DC - 8 1/4 DC - Jar - 8 1/4 DC - HWDP	1085	1243	9,9	9,9	18,8	WBM	-	-	8,4
	15	15	PDC Bit - Motor - SSTB - MWD - 9 1/2 DC - 8 1/4 DC - Jar - 8 1/4 DC - HWDP	1855	2145	13,6	13,6	24,16	WBM	1	1	8,4
	17	17	PDC Bit - Motor - SSTB - MWD - 9 1/2 DC - 8 1/4 DC - Jar - 8 1/4 DC - HWDP	2145	2370	11	11	16,49	WBM	4	5	8,4

Fuente: Equión Energía Limited

• Trayectoria hueco de 26”

Tabla 13 Surveys fase 26” Pozo Yopal 1

Comments	MD (ft)	Inc (°)	Azi (°)	TVD (ft)	N/S (ft)	E/W (ft)	V.Sec. (ft)	DLeg (°/100ft)
First 26" Section Survey	170	0,58	317,2	170	0,7	-0,7	-0,8	0,14
	201	0,72	321,1	201	1	-0,9	-1,1	0,47
	235	0,75	318,1	235	1,3	-1,2	-1,4	0,14
	266	0,82	318,9	266	1,7	-1,5	-1,8	0,23
	294	0,9	318	294	2	-1,8	-2,1	0,29
	329	1,22	304,6	329	2,4	-2,2	-2,6	1,15
	359	1,01	304,7	359	2,7	-2,7	-3,2	0,7
	392	0,9	313,6	392	3,1	-3,1	-3,7	0,56
	423	1,2	325,2	423	3,5	-3,5	-4,1	1,18
	454	1,3	318,5	454	4	-3,9	-4,6	0,57
	486	0,7	323,8	486	4,5	-4,3	-5	1,9
	520	1	325,5	519,9	4,9	-4,6	-5,4	0,89
	548	0,7	338,8	547,9	5,2	-4,8	-5,7	1,28
	577	0,92	330,5	576,9	5,6	-5	-5,9	0,86
	611	0,32	350,1	610,9	5,9	-5,1	-6,1	1,85
	642	0,93	10,8	641,9	6,3	-5,1	-6,1	2,07
	669	0,53	317,6	668,9	6,6	-5,1	-6,2	2,76
	703	0,28	171,3	702,9	6,6	-5,2	-6,3	2,29
	735	0,52	229,8	734,9	6,4	-5,3	-6,4	1,39
	767	0,14	96,6	766,9	6,3	-5,4	-6,5	1,95
	797	0,24	321,1	796,9	6,4	-5,4	-6,5	1,18
	828	0,15	341,1	827,9	6,5	-5,4	-6,5	0,36
	848	0,53	270,56	847,9	6,5	-5,5	-6,6	2,5
	943	0,19	39,18	942,9	6,6	-5,9	-7	0,7
	987	0,19	90,74	986,9	6,7	-5,8	-6,9	0,38
	1230	0,35	30,39	1229,9	7,3	-5	-6,2	0,13
	1317	0,61	0,1	1316,9	8	-4,8	-6,2	0,41
	1417	0,93	354,68	1416,9	9,3	-4,9	-6,6	0,33
	1510	1,62	351,04	1509,9	11,4	-5,2	-7,2	0,75
	1600	2,36	351,35	1599,8	14,5	-5,7	-8,2	0,82
	1702	3,08	351,23	1701,7	19,3	-6,4	-9,8	0,71
	1793	3,87	348,98	1792,6	24,7	-7,4	-11,8	0,88
	1892	4,17	350,12	1891,3	31,5	-8,6	-14,3	0,31
	1944	4,26	349,46	1943,2	35,3	-9,3	-15,6	0,2
	1989	4,47	347,36	1988	38,6	-10	-16,9	0,59
	2082	4,95	343,37	2080,7	46	-11,9	-20,2	0,62
	2154	5,75	343,74	2152,4	52,5	-13,8	-23,2	1,11
	2248	6,41	344,3	2245,9	62	-16,6	-27,7	0,7
Last 26" Section Survey	2307	6,98	344,98	2304,5	68,7	-18,4	-30,7	0,98

Fuente: Equion Energía Limited

Como se puede leer en la tabla anterior, la máxima desviación durante esta sección fue de 6.98° a 2,307 ft. Los Surveys en esta sección fueron tomados con herramienta MWD.

• **Lodo Hueco de 26”**

Propiedades del Lodo Hueco de 26”

Debido a que la mayoría del tiempo se perforo con agua, las propiedades de ésta se usaron como parámetros de control.

Concentración de productos

Tabla 14 Concentración de productos químicos en lodo Fase 26” Pozo Yopal 1

BOREMAX			
Material	Average [ppb]	Minimum [ppb]	Maximum [ppb]
ALDACIDE G	0.22	0.11	0.26
BORE-HIB	3.69	3.66	3.81
BOREPLUS	1.09	1.08	1.13
BOREVIS	3.11	3.08	3.21
CLAY GRABBER	0.37	0.37	0.38
POLYAC PLUS	1.15	1.14	1.18
AQUAGEL / X-TEND II			
Material	Average [ppb]	Minimum [ppb]	Maximum [ppb]
AQUAGEL	9.59	8.00	10.78
Water			
Material	Average [ppb]	Minimum [ppb]	Maximum [ppb]
EZ-MUD	0.26	0.10	0.42

Fuente: Equión Energía Limited

Tabla 15 Volumen de Lodo Fase de 26" Pozo Yopal 1

Fluid Volume Summary		
Additions	Mixed Volume	104316
	Received Volume	10573
	Total Volume	114889
Losses	Down-hole	106396
	SCE & Miscellaneous	1814
	18.5" Section Returned	5405
	Cement & Spacers	1274
	Total Losses	114889

Datos: Equión Energía Limited

EL lodo inicial usado para esta sección fue BOREMAX, el cual fue diseñado principalmente para evitar el comportamiento reactivo de las arcillas de León. 2,672 Bbl de BOREMAX de 9 ppg fueron acondicionados en los tanques de reserva en superficie para desplazar la totalidad del hueco antes de dar inicio a la sección de 26". Sin embargo, a medida que se avanzó en la perforación de la sección y se obtuvieron pérdidas masivas de fluido, se decidió hacer el cambio a AQUAGEL/XTEND II con el cual se perforo hasta 465 ft, punto en el cual se perdió totalmente el retorno, por lo que se empezó a perforar con agua hasta 1,085 ft y por último con agua + EZ-MUD L y AQUAGEL hasta 2,370 ft (TD).

Alrededor de 37 píldoras con material LCM (65-110 ppb) fueron mezcladas y bombeadas buscando una reducción en la tasa de pérdidas, sin que se observara éxito con esta contingencia.

• **Acondicionamiento del hueco para revestir**

El acondicionamiento del hueco para revestir inició una vez terminada la perforación del hueco, es decir, el 16 de Octubre de 2009 a las 14:45 horas y finalizó el 17 de Octubre de 2009 a las 4:15 horas, para un total de 13.5 horas.

La secuencia operativa que se ejecutó para el acondicionamiento se relaciona a continuación:

1. Se realizó Reaming y Backreaming de media parada con 730 gpm, 320 psi, 120 rpm, 4 Kft-lb.
2. Se Bombearon y desplazaron 100 Bbl de píldora viscosa con 750 gpm, 400 – 550 psi. Se tomó Survey.
3. Se sacó desde 2,370 hasta 912 ft en elevadores sin restricciones.
4. Se terminó de sacar a superficie y se quiebra el BHA #17.

• **Corrida Casing de 20” (K-55, 133 Lb/ft, Conexión Buttress).**

La corrida Casing de 20” inicio el 17 de Octubre de 2009 a las 04:15 horas y finalizó el 18 de Octubre de 2009 a las 08:30, para un total de 28.25 horas.

A 2,306 ft se sentó casing de 20” de 133 lb/ft con conexiones Buttress. En el casing se bajó un Casing Annular Packer, ubicado a aproximadamente 170 ft de la mesa rotaria (hueco abierto). Durante la corrida no se obtuvieron retornos, se llenó cada junta con 12 Bbl (110 stk), así mismo se llenó el anular continuamente con 1.5 bpm, el tiempo cuña a cuña promedio fue de 2 min. Toda la corrida se llevó a cabo según lo planeado sin ninguna pérdida de tiempo relevante.

• **Cementación Casing de 20”**

La cementación del casing de 20” inició el 18 de Octubre de 2009 a las 08:30 horas y finalizó el 19 de Octubre de 2009 a las 18:00 horas, para un total de 33.5 horas. El diseño original de volúmenes de cemento fue basado en un hueco abierto estimado de 26” sin exceso debido a la perforación sin retornos.

Tabla 16 Cementing Report Fase 26” Pozo Yopal 1

Caribbean/Latin America - Colombia - BP												Page 1 of 3					
Cementing Report												Report No.: 7		Report Date: 19/10/2009			
Common Well Name: Pauto M-4 / OH				Site: Pauto M				Spud Date/Time: 17/09/2009									
Project: PIEDEMONTE				Start Date: 17/09/2009				End Date:				AFE No.:					
Contractor: HELMERICH & PAYNE				Rig Name/No.: H&P 152				Rig Release:									
UWI: 1500400				Active Datum: ROTARY TABLE @3,423.5ft (above Mean Sea Level)													
General Information																	
Job Type: Primary		Cement Job Start Date/Time: 07/10/2009 00:00		Job End Date/Time:		Cement Company: BJ SERVICES		Cementer: Gabriel Zambrano P.		Cemented String: SURFACE CASING		String Size: 20.000 (in)		String Set TMD: 2,345.8 (ft)		Hole Size: 26.000 (in)	
Pipe Movement																	
Pipe Movement: NO MOVEMENT																	
Rotating Time (Start-End):				RPM:				Rotating Torque (init/avg/max): (ft-lbf)									
Reciprocating Time (Start-End):				Reel Drag Up/Down: - (klp)				SPM:				Stroke Length:					
Fluids (1 of 2)																	
Fluid Name: FRESH WATER																	
Slurry Type: CEMENT																	
Purpose: FILLER SLURRY		Class: G-CLASS		Description: LEAD SLURRY		Density: 13.50 (ppg)		Yield: 1.7000 (ft ³ /sk94)		Mix Water Ratio: 8.710 (gal/sk94)		Excess: 100.00 (%)		Mix Method: ON-THE-FLY			
Sacks Used: 3,830.00 (94lb sacks)		Water Volume: 794.3 (bbl)		Excess Slurry Volume: 1,159.7 (bbl)		Density Measured by: PRESS. BAL		Other Volume: Total Vol in Well: 1,160.0 (bbl)		Slurry Volume: 1,159.7 (bbl)		Excess Measured From: EST. GAUGE HOLE					
Mud Type: WATER/BRINE		Density: 8.40 (ppg)		PV: 3.00 (cp)		YP: 8.000 (lbf/100ft ²)		Gels 10 Sec: 3.000 (lbf/100ft ²)		Gels 10 Min: 4.000 (lbf/100ft ²)		Viscosity: 33.00 (s/qt)					
Additives																	
Name	Type	Amount	Units	Concentration	Concentration Unit												
A-7	ACCELERATOR	2,600.00	LBS	0.700	% WT												
R-3	RETARDER	1,100.00	LBS	0.300	% WT												
FL54	FLUID LOSS	370.00	LBS	0.100	% WT												
Fp-6I	ANTIFOAM AGENT	79.00	GALS	0.020	GAL/GX												
A-3L	EXTENDER	1,383.00	GALS	0.350	GAL/GX												
Fluid Tests																	
Thick Time (hr)	Thick Temp (°F)	Free Water (%)	Free Water Temp (°F)	Fluid Loss (cc/30min)	Fluid Loss Temp (°F)	Fluid Loss Press (psi)	Comp Strength Time 1 (min)	Comp Strength Pressure 1 (psi)	Comp Strength Temperature 1 (°F)	Comp Strength Time 2 (min)	Comp Strength Pressure 2 (psi)	Comp Strength Temperature 2 (°F)					
5.50	110.0	0.20	110.0				500.0		110.0								

Fuente: Equión Energía Limited

El diseño fue para una lechada de cola de 16 ppg y se diseñó una lechada principal de 13.5 ppg para cubrir hasta superficie. Éste diseño también incluía agua como pre-flujo. El trabajo se ejecutó sin problemas de acuerdo a la

secuencia operacional planeada. El bombeo se llevó a cabo con la unidad de Baker con una tasa promedio de 3-5 bpm y 600 - 850psi.

El desplazamiento se hizo con 60 Bbl de WBM con la misma unidad de cementación. No se observaron retornos a superficie durante el trabajo de cementación por lo que fue necesario realizar un "Top Job" posterior. Cuando finalizó el desplazamiento, se liberó la presión y se obtuvieron 1.7 Bbl como flujo de retorno en la unidad de cementación (Backflow).

En el tiempo de éste trabajo de cementación se incluye el tiempo del inflado del empaque con 0.7 Bbl (3.25 hr), e incluye también la realización del Top Job que se ejecutó después del inflado del empaque (5.25 hr).

Una vez se sentó el empaque se realizó el Top Job en superficie, se conectaron y se bajaron por el anular entre el casing de 30" y el de 20" dos líneas macarroni de 1" de diámetro y de longitudes de 103.92 ft y 95.94 ft a las cuales se conectó la unidad de cementación y por la que se bombearon 60 Bbl de 16.6 ppg, se empezaron a obtener retornos a los 36 Bbl bombeados.

Antes del inflado del empaque se hizo L/D del BHA para inspección tiempo que también se incluyó en el total de esta actividad. (9 hr).

- **Instalación y Prueba de Preventoras (21 ¼")**

La instalación y prueba de preventoras de 21 ¼" de 20" inició el 19 de Octubre de 2009 a las 18:00 horas y finalizó el 20 de Octubre de 2009 a las 15:00 horas, para un total de 21 horas. El tiempo total se distribuye de la siguiente manera:

1. Instalación de BOPs (16.75 horas).
2. Prueba de Preventoras (4.25 horas).

- **Drill Out del cemento.**

El drill out del cemento inició el 20 de Octubre de 2009 a las 15:00 horas y finalizó el 21 de septiembre de 2009 a las 12:45 horas, para un total de 21.75 horas. El tiempo de la actividad incluye el viaje del BHA y una prueba al casing al inicio de la operación (3 horas).

Se corrió BHA # 18, con broca PDC de 18.5" para realizar el drill out del cemento. Se encontró el tope del cemento a 2,082 ft, y se perforó desde 2,082 ft hasta 2,355 ft con los siguientes parámetros:

- WOB: 5 Klbs.
- Caudal de bomba: 780 gpm.
- Presión: 950 - 1200 psi.

BHA #18

Tabla 17. Información BHA #18 para Drill Out Fase 26" Pozo Yopal 1

Hole Size (inches)	BHA Number	Bit Number	BHA COMPONENTS	MD in (ft)	MD out (ft)	Time in hole			Mud information			
						Circulating Time (hrs)	On Bottom Time (hrs)	String Rotating Time (hrs)	Mud Type	Plastic Visc (cp)	Yield Point	MW (ppg)
18 1/2"	18	18	PDC Bit - Motor - MWD - 9 1/2 DC - 8 DC - Jar - 8 DC - HWDP - Acelerator - HWDP	2370	3184	30,3	30,3	47,75	WBM	16	14	8,9

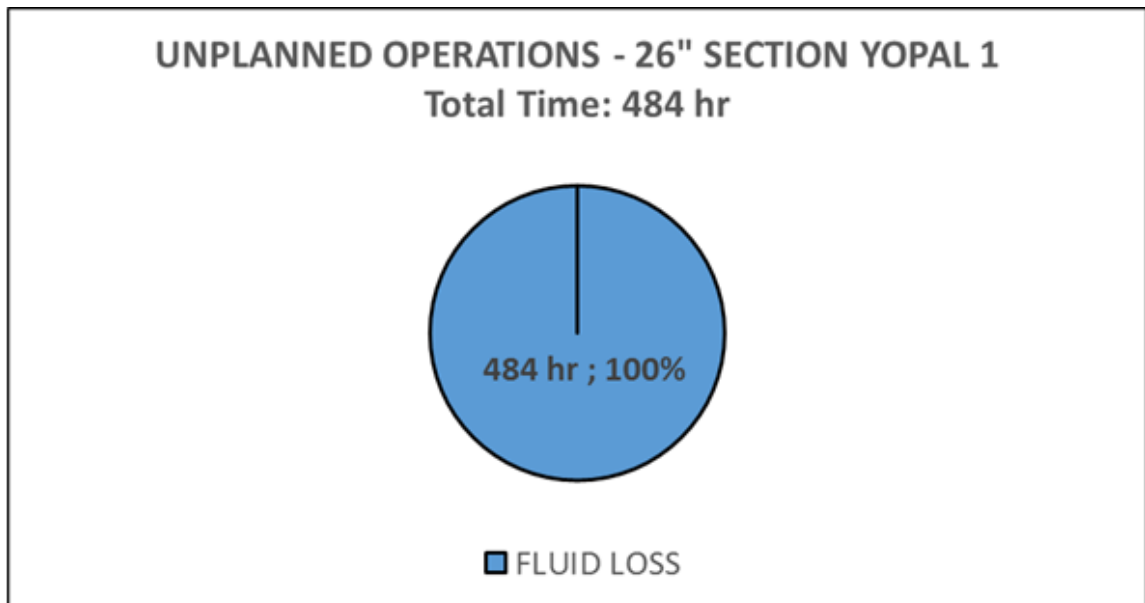
Fuente: Equión Energía Limited

- **Prueba de Integridad a la formación (FIT).**

La prueba de integridad de la formación inició el 21 de Octubre de 2009 a las 12:45 horas y finalizó el mismo día a las 17:00 horas, para un total de 4.25 horas. Como resultado de la prueba se obtuvo un peso equivalente (EMW) de 12 ppg a 400 psi.

3.1.2.4 Análisis de operaciones no planeadas – problemas operacionales

Grafica 7 Análisis gráfico de las operaciones no planeadas Fase 26” Pozo Yopal 1



Datos: Equión Energía Limited

FLUID LOSS (484 hr) - El tiempo consumido por operaciones no planeadas (484 hr) se debió a que no se esperaban las pérdidas masivas de fluido, y al hecho de no intentar continuar perforando si no de curar las pérdidas. Al final ninguna de las medidas de contingencia tuvo efecto sobre la tasa de pérdidas y se avanzó más rápido cuando se decidió perforar ciegos (sin retornos).

Apenas a 163 ft se perdió el retorno en su totalidad y se empezaron a bombear píldoras de todo tipo (LCM, Viscosas, de Barita, de EZ SQUEEZE, entre otras). Para asegurar la buena limpieza del pozo, mientras se perforaba se bombearon píldoras viscosas cada 30 – 45 ft perforados.

Alrededor de 37 píldoras con material LCM (65-110 ppb) fueron mezcladas y bombeadas buscando una reducción en la tasa de pérdidas, sin que se observara éxito con esta contingencia. También se bombearon alrededor de 5 baches de Barita, dos píldoras de EZ-SQUEEZE y una de THERMATEK. Por último al no poder manejar las pérdidas se implementó una estrategia de balanceo de aproximadamente 8 tapones de cemento.

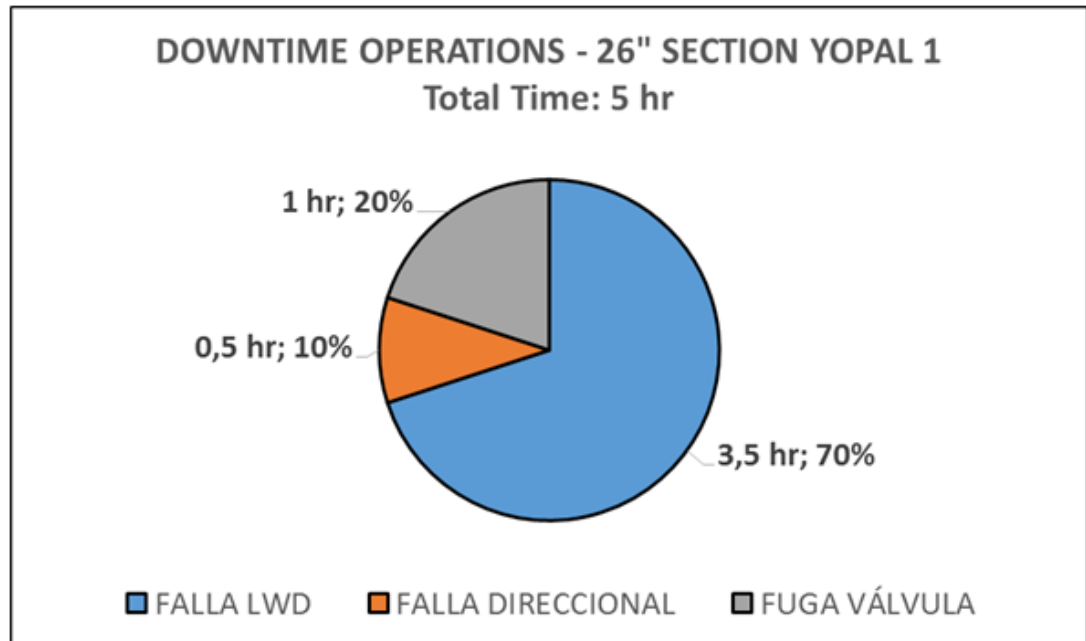
A demás mientras se perforaba para asegurar la limpieza del pozo se bombearon píldoras viscosas cada 30 – 45 ft perforados. Cuando se llegó a una profundidad de 1,855 ft, fue necesario parar la perforación ya que no se contaba con el agua suficiente en locación para continuar con la operación.

Al final de esta sección se tuvieron 114,889 Bbl como pérdidas totales. La estrategia que al final dio el mejor resultado fue la de perforar ciegos (sin retornos), decisión que se tomó luego de haber bombeado alrededor de 37 píldoras de todo tipo y 8 tapones de cemento.

Para futuros pozos en la misma locación, se deben estudiar otras alternativas para manejo de pérdidas, como perforación con fluido aireado, fluidos tixotrópicos o la decisión de perforar sin retornos desde el inicio.

3.1.2.5 Análisis de operaciones “downtime”

Grafica 8 Análisis gráfico de las operaciones downtime Fase 26” Pozo Yopal 1



Datos: Equión Energía Limited

El tiempo consumido en operaciones Downtime se distribuye en eventos menores que se dieron durante la sección, las características de cada uno se relacionan a continuación:

FALLA LWD: Durante la perforación de la sección perforación fallo la comunicación de la herramienta LWD, específicamente entre los días 20 - 21 de Septiembre y tuvo una duración de 3.5 hr.

FALLA DIRECCIONAL: Mientras se perforaba con el BHA # 14, se presentó una pérdida de comunicación con la herramienta direccional de Baker. (0.5 hr). La Compañía de servicios debe asegurar el funcionamiento de su herramienta, en el

caso de que la misma falle, debe hacerse cargo de los gastos generados por la corrida adicional.

FUGA VÁLVULA: Durante la prueba a las BOP, mientras se trataba de probar la válvula manual de matado se encontró fuga, se intentó repararla sin éxito, por lo que se decidió hacer su reparación Off Line.

3.1.2.6 Lecciones y posibles mejoras de la sección de 26”.

- Los mejores resultados durante la perforación se obtuvieron cuando se decidió perforar sin retornos de lodo a superficie.
- Para próximos pozos en donde se esperen características similares a las del Pozo Yopal 1, se deben poner sobre la mesa otras alternativas como la perforación con fluido aireado, o la perforación sin retornos desde el inicio, de tal forma que se permitan mitigar las pérdidas finales. Cuando se tienen pérdidas de fluido masivas se debe simplificar la composición del lodo para no entrar en costos mayores por química.
- Las píldoras bombeadas demostraron no ser efectivas para estos ambientes de pérdidas tan extremos, se deben considerar otras alternativas, ya que el tiempo y el dinero gastado en esa preparación al final no vale la pena.
- Con la experiencia obtenida en este pozo también queda en evidencia el plan logístico que se debe tener en cuanto al suministro de agua, para no detener la operación por carencia del líquido.

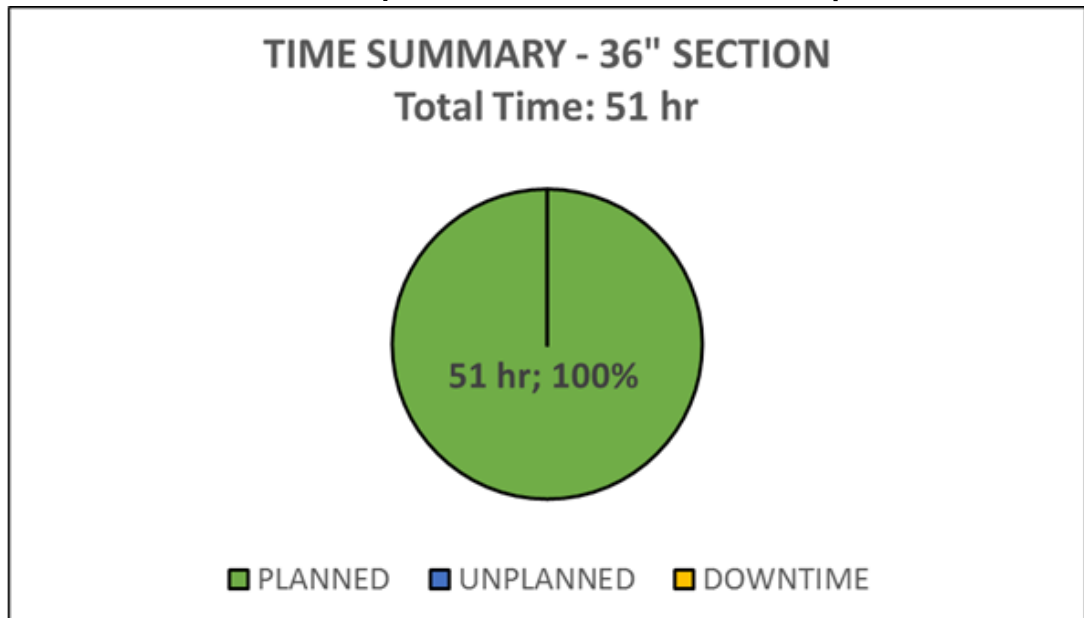
3.2 POZO YOPAL 2

3.2.1 Fase 36"- hueco conductor

3.2.1.1 Periodo analizado: Corresponde a todas las actividades que se ejecutaron durante la perforación y revestimiento del hueco conductor de 36". Desde el 3 de Septiembre de 2011 a las 00:00 horas hasta el 5 de Septiembre de 2011 a las 03:00 horas, para un tiempo total de 51 horas analizadas.

3.2.1.2 Análisis de tiempos de la sección: A continuación se pueden observar la distribución del tiempo en esta sección.

Grafica 9. Distribución de tiempo en la sección de 36" Pozo Yopal 2



Datos: Equion Energía Limited

En términos generales en el 100% del tiempo (51 hr) se ejecutaron las operaciones planeadas del hueco conductor de 36" (Perforación,

Acondicionamiento del hueco para revestir, Revestimiento, Cementación, Instalación del Bell Nipple, instalación de la RCD y Drill Out).

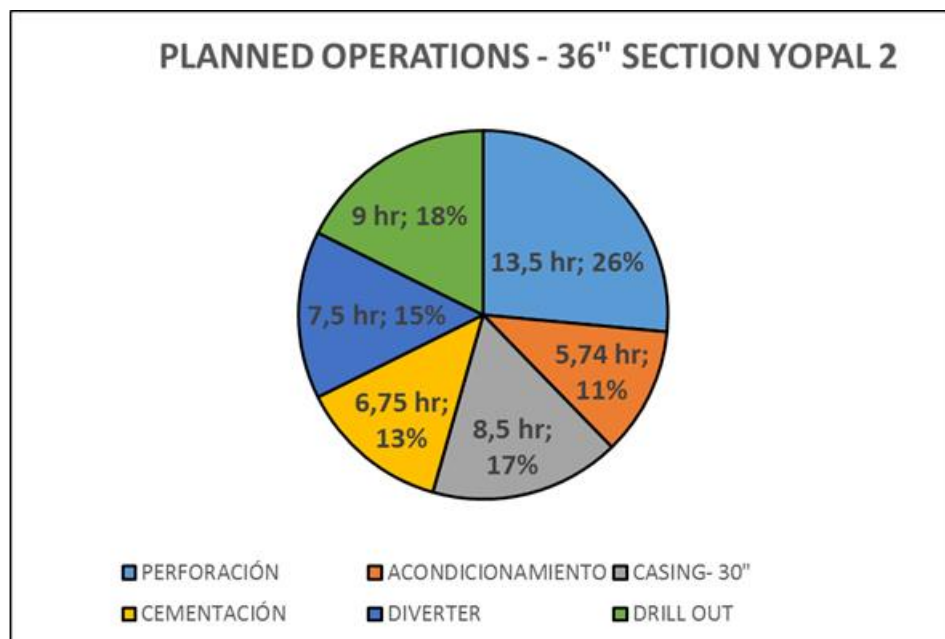
Es importante destacar que en la sección no se presentaron pérdidas de tiempo por daño en operaciones no planeadas o por daños de equipos y herramientas.

3.2.1.3 Análisis de operaciones planeadas

- Análisis gráfico distribución de tiempo – operaciones planeadas

A continuación se presenta un análisis gráfico de las operaciones planeadas que se ejecutaron durante la fase de 36”.

Grafica 10. Análisis gráfico de las operaciones planeadas Fase 36” Pozo Yopal 2



Datos: Equion Energía Limited

• **Perforación hueco conductor de 36”:**

La Perforación del hueco de 36” inició el 3 de Septiembre de 2011 a las 00:00 y finalizó el mismo día a las 13:30, para un total de 13.5 horas perforando. Se perforaron 136 ft de la formación Guayabo, desde superficie hasta 136 ft en MD, es decir, en una trayectoria vertical, con broca tricónica y BHA rotario.

• **Parámetros mecánicos, hidráulicos y ROP:**

En esta sección se trabajaron los parámetros presentados en la siguiente tabla, los cuales fueron leídos directamente del DataLog adjunto en el anexo 1.

Tabla 18 Rangos parámetros hidráulicos, mecánicos y ROP, Fase 36” Pozo Yopal 2

Parámetro	Rango
RPM	60 rpm
WOB	8 - 12 Klbf
ROP	7 - 12 ft/hr
Torque	5 – 6 Kft-lb
Caudal de bomba	150 – 515 gpm
Presión	90 – 120 psi

Datos: Equion Energía Limited

- **Brocas utilizadas:**

Esta sección se perforo con broca tricónica de 36”, la broca perforó 136 ft en modo de rotación, para un total de horas en fondo de 11.69 horas. A continuación se presentan las especificaciones de la Broca, tomadas del Bit Record del pozo. Su respectivo Bit Report puede ser consultado en el Anexo 2 de este libro.

Tabla 19. Bit Record Fase 36” Pozo Yopal 2

Size	Bit Number	Reference	Type	Footage (ft)	Depth in (ft)	Depth out (ft)	Min WOB (klb)	Max WOB (klb)	Average ROP (fph)	Mud Weight	Dull Grading	Manufacturer
36"	1	T11	Tricone	136	0	136	3	12	11,63	8,8	1-1-NO-A-1-I-NO-TD	Varel

Fuente: Equión Energía Limited

- **BHA:**

Para esta sección se usó un BHA, el detalle del mismo se relaciona a continuación:

Tabla 20. BHA Record Fase 36”Pozo Yopal 2

Hole Size (inches)	BHA Number	Bit Number	BHA COMPONENTS	MD in (ft)	MD out (ft)	Time in hole			Mud information			
						Circulating Time (hrs)	On Bottom Time (hrs)	Rotating Time (hrs)	Mud Type	Plastic Visc (cp)	Yield Point (cp)	MW (ppg)
36"	1	1	Tri Cone Bit - Bit Sub - 9 1/2 DC	0	137,2	17,34	11,63	13,03	WBM	12	30	9

Fuente: Equión Energía Limited

Luego de llegar a TD se hizo Reaming y Backreaming entre 47 ft y 136 ft. Luego se bajó lavando hasta 136 ft, se observó tensión (Overpull O/P) en 109 ft. Se bombearon 60 Bbl de píldora viscosa y se sacó con bomba a 200 gpm hasta superficie. No se observaron pérdidas.

• **Formaciones perforadas**

Durante la primera sección del pozo se atravesó la formación Guayabo. La perforación se ejecutó sin inconvenientes con retornos totales, por lo tanto sin pérdida de lodo.

El intervalo perforado de esta formación está compuesto principalmente en la parte superior por areniscas conglomeraticas, Mudstone de solubilidad entre el 60 y el 80% y Sandstone. Se evidencian también Siltstone. No se tuvieron lecturas de gas durante la sección.

Guayabo se perforó con una broca tricónica de 36". La broca perforó 136 ft en modo de rotación, para un total de horas en fondo de 11.7 horas. Los parámetros promedios de perforación de ésta formación se presentan a continuación:

Tabla 21 Parámetros promedios de perforación formación Guayabo Fase 36" Pozo Yopal 2

INTERVAL ft (MD)	BIT No	MW (ppg)	PORE PRES	RPM	WOB (Klbs)	ROP (ft/hr)	FLOW (gpm)	SPP (psi)	CVGS (bph)
Surface - 136	01(36")	8.3	--	60	5-6	11.7	150- 600	30- 120	--

Fuente: Equión Energía Limited

• **Trayectoria hueco de 36"**

Trayectoria vertical, máxima desviación 0.13° a 136 ft. Como se relaciona en los siguientes surveys.

Al igual que en el pozo Yopal 1, los surveys fueron tomados durante la perforación de la sección de 26”, es decir, fueron tomados con herramienta MWD.

Tabla 22 Surveys fase 36” Pozo Yopal 2

Comments	MD (ft)	Incl (°)	Azim Grid (°)	TVD (ft)	TVDSS (ft)	VSEC (ft)	NS (ft)	EW (ft)	DLS (°/100ft)
Tie-In	0,00	0,00	0,00	0,00	-3424,68	0,00	0,00	0,00	N/A
RTE	36,38	0,03	99,80	36,38	-3388,30	-0,01	0,00	0,01	0,09
30” Conductor	136,00	0,13	99,80	136,00	-3288,68	-0,14	-0,03	0,15	0,09

Fuente: Equión Energía Limited

• Lodo hueco de 36”

Durante la perforación del hueco de 36” se utilizó un sistema de lodo “AQUAGEL/X-TEND II” manejado por la compañía Halliburton Baroid Fluid Systems, con los productos químicos y concentraciones que se relacionan a continuación:

Tabla 23 Propiedades del lodo Hueco de 36” Pozo Yopal 2

PROPERTIES	PROGRAMMED	TYPICAL	MIN	MAX
Density, ppg	8.4 - 9.2	8.8	8.6	9.2
Funnel Viscosity, Sec/qt	40 – 80	56	48	73
Plastic Viscosity, Cp	15 – 25	13	11	13
Yield Point, lb/100ft ²	20 – 30	25	19	30
pH	8.5 - 9.5	8.5	8.5	9.5

Fuente: Equión Energía Limited

Tabla 24 Concentraciones productos químicos Lodo Fase de 36” Pozo Yopal 2

AQUAGEL / X-TEND II			
Material	Average [ppb]	Minimum [ppb]	Maximum [ppb]
AQUAGEL	13.9	13.42	14.38
X-TEND II	0.04	0.04	0.04

Fuente: Equión Energía Limited

Tabla 25 Volúmenes de Lodo Fase de 36” Pozo Yopal 2

36” INTERVAL VOLUMEN BREAKDOWN BBLs		
AQUAGEL / X-TEND II		
		Volume [bbl]
Additions	Total Chemical Addition	44.2
	Total Barite Addition	0
	Total water Addition	3048.3
	Total AQUAGEL / X-TEND II Built	3092.5
	Received & Mixed	312.9
	Total AQUAGEL / X-TEND II Volume	3405.4
Losses	Down hole	0
	SCE & Miscellaneous	1251.7
	Total Losses	1251.7

Volumes (bbls)	Programmed	Actual
Mud from previous section	0	
New mud built	1917	3255
Total volume used on section	1617	3255
Downhole Losses	300	1155

Datos: Equión Energía Limited

Antes de iniciar la perforación de esta sección el AQUAGEL fue pre-hidratado en los tanques del sistema activo durante 24 horas. 2,898 barriles de lodo base agua de 8.6 ppg fueron preparados para el inicio de la perforación de esta sección en los tanques del sistema activo y de reserva como una medida de contingencia en caso de pérdidas masivas durante las sección.

Una vez la perforación empezó, se añadió X-TEND II con la finalidad de mejorar el desempeño del AQUAGEL y de prevenir la dispersión de los cortes en el lodo. Cuando se alcanzó la profundidad de la fase se circularon 100 Bbl de píldora de alta viscosidad. Después de que se llevó a cabo el viaje de acondicionamiento se bombearon 60 Bbl de píldora de alta viscosidad con 600 gpm – 120 psi para facilitar la corrida del casing de 30”.

- **Acondicionamiento del hueco para revestir:**

El acondicionamiento del hueco para revestir inició una vez terminada la perforación del hueco, es decir, el 3 de septiembre de 2011 a las 13:30 horas y finalizó el mismo día a las 19:15 horas, para un total de 5.75 horas. La operación consistió en las siguientes actividades:

1. Se circula un fondo arriba con 600 gpm – 120/130 psi, mientras se continua rotando la sarta con 50 rpm – 3.0 Kft-lb.
2. Se bombearon y desplazaron a superficie 100 Bbl de píldora viscosa con 600 gpm – 120 psi mientras se reciprocaba la sarta.
3. Se hizo Reaming y Backreaming con 250 gpm – 30 psi desde 136 ft a 109 ft. Punto en el cual se encontró una restricción con Overpull de 5 Klbs.
4. Se incrementó la tasa de flujo a 600 gpm – 120 psi y se rotó con 70 rpm – 3.0 Kft-lbs. Se continuó sacando con rotaria hasta 47 ft.
5. Se volvió a fondo haciendo Reaming con 600 gpm – 120 psi, 80 rpm – 2.5 Kft-lb.
6. Una vez en fondo (136 ft) se bombearon y desplazaron a superficie 60 Bbl de píldora de alta viscosidad con 600 gpm – 120 psi.
7. Se sacó con bomba desde 136 ft hasta 47 ft sin que se evidenciara arrastre.
8. Se bajó en elevadores hasta 136 ft sin problemas.
9. Se colocaron en fondo 120 Bbl de píldora viscosa. Y se sacó a superficie.

• **Corrida Casing de 30” (234.3 Lb/ft, Grado B, Conexión ST2)**

La corrida Casing de 30” inicio el 3 de Septiembre de 2011 a las 19:15 horas y finalizó el 4 de septiembre de 2011 a las 03:45, para un total de 8.5 horas.

A 131 ft se sentó casing de 30” de 234.4 lb/ft compuesto por un zapato con válvula flotadora y dos juntas de conexión ST-2 Vetco. La corrida se ejecutó según lo planeado y sin ninguna situación relevante.

• **Cementación Casing de 30”**

La cementación del casing de 30” inició el 4 de septiembre de 2011 a las 03:45 horas y finalizó el mismo día a las 10:30 horas. Para un total de 6.75 horas. El diseño original de volúmenes de cemento fue basado en un hueco abierto estimado de 36” más un exceso del 100%.

El diseño se hizo para una sola lechada de 16 ppg para cubrir desde el zapato hasta la superficie. El diseño incluía el uso de 30 Bbl de agua fresca como pre flujo para prevenir la contaminación entre el lodo y el cemento, 130 Bbl de lechada de 16 ppg bombeada a 3.5/4.8 bpm – 300/670 psi, se obtuvo como presión final de circulación 630 psi a 4 bpm. El cemento se desplazó con 5 Bbl de agua fresca a 1 bpm – 40 psi. El trabajo se llevó a cabo sin problemas y de acuerdo a la secuencia planeada.

Una vez terminado el desplazamiento, se libera la presión y se observa un flujo de retorno en la unidad de cementación “Backflow” de 0.1 Bbl. Por lo que se puede asumir una buena respuesta del equipo de flotación.

Tabla 26 Información fluidos para cementación Hueco 36” Pozo Yopal 2

WELL DATA			
Previous Casing Size (in): 44	Weight (lb/ft):	Shoe (ft): 5	
Bit Size (in): 36"			
Casing 1: Interval :43 –131 ft	OD (in): 30"	Weight (lb/ft): 234.3	
Casing 2: Interval	OD (in):	Weight (lb/ft):	
Float Collar Depth (ft): Not Used	Liner Hanger (ft):	Shoe (ft): 131	
Average OH Diameter (in): 36	Excess on OH Volume (%): 100%		
OH Measured by: ESTIMATED	Planned TOC (ft): 46		

SPACER DETAILS			
	Spacer Type	Weight (ppg)	Volume (bbl)
Spacer 1(Ahead of cement)	Water	8.34	30
Spacer 2(Behind cement)			

PROGRAMMED SLURRY DETAILS			
Cement Class G	Dyckerhoff 1760		
Yield (cuft/sk)	1.12		
Water (gal/sk) Filtered Well Site	4.77		
Slurry Weight (ppg)	16		
Thickening Time (Hrs : Min)	3:00		
Additive 1	Conc:	Units: %	
Additive 2: FP-6L	Conc: 0.01	Units: gal/sk	
Additive 3: A-7	Conc: 1.0	Units: %	

CEMENT DISPLACEMENT DETAILS			
Circulation Prior to Cementing (bbl): 200	Rate (bbl/min): 5	Pressure (psi): 30	
Losses Running & Circulating Casing (bbls): No			
Volume Cement (bbls)	Lead Cement Slurry: 130	Tail Cement Slurry:	
Average Mixing Rate (bpm)	Lead Cement Slurry: 4	Tail Cement Slurry:	
Displacement Fluid: Water	Weight (ppg): 8.4		
Displacement Method: cementing unit pumps	Efficiency (%):		
Displacement Volume 1 (bbl): 5	Displacement Rate 1 (bbl/min): 1		
Displacement Volume 2 (bbl):	Displacement Rate 2 (bbl/min):		
Displacement Volume 3 (bbl):	Displacement Rate 3 (bbl/min):		
Reciprocation: No	Stroke (ft):	Rotation: No	R.P.M.
Volume mud left in annulus (bbl): 0	Inhibitor Added: No	Inhibitor added to Spacer: No	
<p>TOTAL VOLUME PUMPED: WATER + CEMENT + MUD = <input type="text" value="165"/> (BBL)</p> <p>TOTAL RETURNS : <input type="text" value="165"/> (BBL)</p> <p>TIME TO ADD CEMENT BATCH MIXER : <input type="text"/> (HRS)</p>			

Fuente: Equión Energía Limited

• Instalación del Bell Nipple 30”

La instalación del Bell Nipple inició el 4 de septiembre a las 10:30 horas y finalizó el mismo día a las 18:00 horas, para un tiempo total de 7.5 horas.

• **Drill Out del cemento**

Ésta actividad inició a el 4 de septiembre de 2011 a las 18:00 horas y finalizó el 5 de septiembre de 2011 a las 06:00 horas, para un total de 12 horas. Se corrió BHA # 3, con broca tricónica HYCALOG de 26” para realizar el drill out del cemento. Se encontró el tope a 92 ft, y se perforó cemento desde 92 ft hasta 129 ft con un WOB de 5 – 10 Klbs, 60 rpm. Luego se continuó perforando el zapato del casing hasta 131 ft, continuando con el Rat Hole hasta 136 ft.

Tabla 27. Información BHA #2 para Drill Out Fase 36” Pozo Yopal 2

Hole Size (inches)	BHA Number	Bit Number	BHA COMPONENTS	MD in (ft)	MD out (ft)	Time in hole			Mud information			
						Circulating Time (hrs)	On Bottom Time (hrs)	Rotating Time (hrs)	Mud Type	Plastic Visc (cp)	Yield Point (cp)	MW (ppg)
26"	2	2	Tri Cone Bit - Bit Sub - 9 1/2 DC	137,2	143,2	7,08	4	4,92	WBM	11	27	8,8

Fuente: Equión Energía Limited

3.2.1.4 Análisis de operaciones no planeadas – problemas operacionales: En esta sección no se presentó pérdida de tiempo por problemas operacionales u operaciones no planeadas.

3.2.1.5 Análisis “downtime” – pérdida de tiempo por daño en equipos: En esta sección no se presentó pérdida de tiempo por daños en equipos.

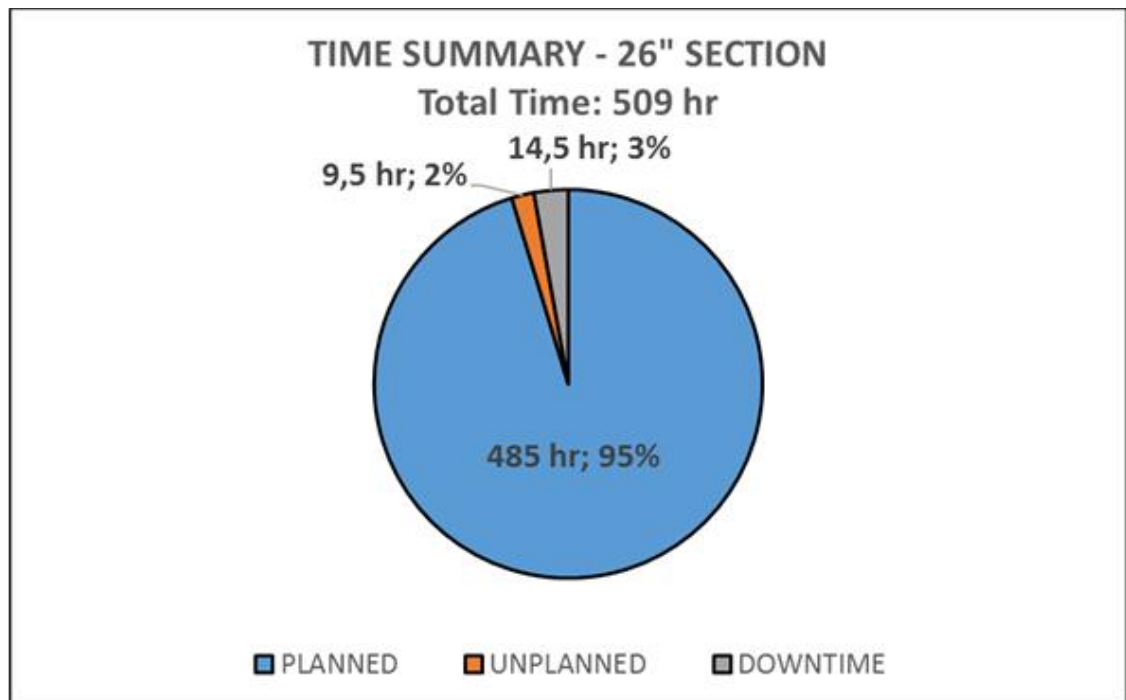
3.2.1.6 Lecciones Aprendidas Sección de 36” Pozo Yopal 2: La sección salió según lo planeado, por lo que se pueden tomar los BHA y procedimientos como apropiados para la fase.

3.2.2 Análisis fase de 26" – hueco de superficie

3.2.2.1 Período analizado: Este análisis incluye todas las actividades realizadas desde el inicio de la perforación del primer pie de 26" el 5 de Septiembre de 2011 a las 06:00 horas y finaliza con las actividades relacionadas con las pruebas de integridad de formación el 26 de Septiembre de 2011 a las 08:00 horas, para un total de 506 horas analizadas.

3.2.2.2 Análisis Tiempos de la Sección: En términos generales en el 95% del tiempo se llevaron a cabo operaciones planeadas. El 3% se consumió en operaciones Downtime y el en 2% restante se ejecutaron actividades no planeadas por problemas operacionales.

Grafica 11 Distribución de tiempo en la sección de 26" Pozo Yopal 2



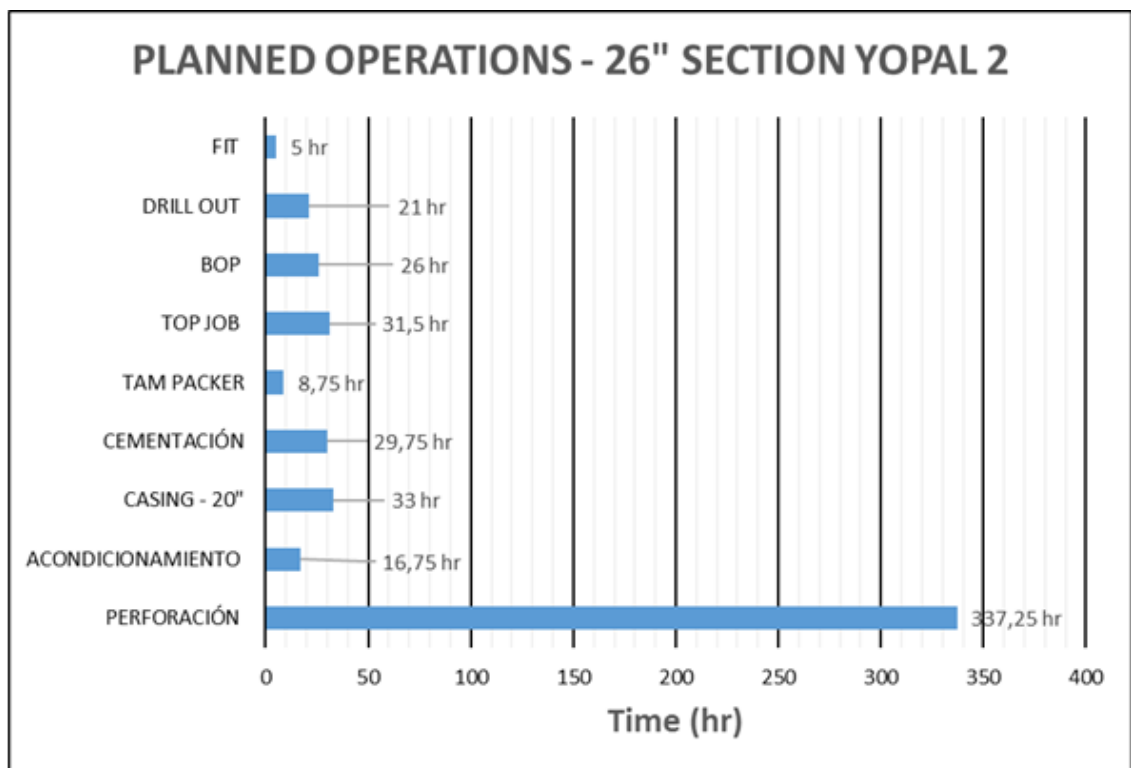
Datos: Equion Energía Limited

3.2.2.3 Análisis de operaciones planeadas

- Análisis gráfico distribución de tiempo – operaciones planeadas

A continuación se presenta un análisis gráfico de las operaciones planeadas que se ejecutaron durante la fase de 26”.

Grafica 12 Análisis gráfico de las operaciones planeadas Fase 26” Pozo Yopal 2



Fuente: Autoras del Proyecto

• **Perforación hueco de 26”:**

La Perforación del hueco de 26” inició el 5 de Septiembre de 2011 a las 03:00 y finalizó el 19 de Septiembre de 2011 a las 04:15, para un total de 337.25 horas. Se perforaron 401 ft (137 ft – 538 ft) de la formación Guayabo, 979 ft (538 ft – 1,517 ft) de la formación Charte y 1,109 ft (1,517 ft – 2,626 ft) de la formación León. Para un total de 2,489 ft en MD, es decir, en una trayectoria vertical. Para ésta sección se utilizaron cinco (5) BHAs, que serán descritos más adelante.

• **Parámetros mecánicos, hidráulicos y ROP.**

En esta sección se trabajaron los parámetros presentados en la siguiente tabla, los cuales fueron leídos directamente del DataLog adjunto en el anexo 1:

Tabla 28. Rangos parámetros hidráulicos, mecánicos y ROP Fase 26” Pozo Yopal 2

Parámetro	Rango
RPM	100 - 350
WOB	5 - 15 Klbf
ROP	50 - 150 ft/hr
Torque	2 – 6 Kft-lb
Caudal de bomba	400 – 750 gpm
Presión	500 - 1000 psi

Datos: Equión Energía Limited

• **Brocas Utilizadas**

Esta sección se perforo con dos brocas de 26”, una tricónica y otra PDC, la primera broca se bajó 3 veces en los BHA 2, 3 y 4, perforo un total de 1,303 ft (137 ft – 1,440 ft) con los tres BHA. La broca PDC fue corrida dos veces con los BHA 5 y 6, perforo 1,186 ft (1,440 ft – 2,626 ft).

Tabla 29 Bit Record Fase 26” Pozo Yopal 2

Size	Bit Number	Reference	Type	Footage (ft)	Depth in (ft)	Depth out (ft)	Min WOB (klb)	Max WOB (klb)	Average ROP (fph)	Mud Weight	Dull Grading	Manufacturer
26"	2	T11	Tricone	6	136	142	5	10	12	8,8	0-0-NO-A-E-I-NI-BHA	Hycalog
	2R	T11	Tricone	396	142	822	5	50	11,8	8,8	1-1-WT-A-E-I-NO-BHA	Hycalog
				284								
	2RR	T11	Tricone	618	822	1440	40	50	10,36	8,6	2-2-WT-A-E-I-PN-BHA	Hycalog
	3			PDC	77	1440	2213	5	40	23,7	8,3	0-1-WT-S-X-I-PN-TD	Smith
696												
3R			PDC	414	2213	2627	20	40	21,7	8,3	0-1-WT-S-X-I-PN-HP	Smith

Fuente: Equión Energía Limited

• **BHA**

Para esta sección se usaron cinco BHA, los intervalos y características de cada uno se describen a continuación, para mayor detalle de cada uno de los BHA puede consultar el anexo 3 de este libro:

Tabla 30. BHA Record Fase 26”Pozo Yopal 2

Hole Size (inches)	BHA Number	Bit Number	BHA COMPONENTS	MD in (ft)	MD out (ft)	Time in hole			Mud information			
						Circulating Time (hrs)	On Bottom Time (hrs)	Rotating Time (hrs)	Mud Type	Plastic Visc (cp)	Yield Point (cp)	MW (ppg)
26"	2	2	Tri Cone Bit - Bit Sub - 9 1/2 DC	137,2	143,2	7,08	4	4,92	WBM	11	27	8,8
	3	2R	Tri Cone Bit - Motor - SSTB - MWD - Monel - MWD - 9 1/2 DC - HWDP - Jar - HWDP	143,2	823,2	95,71	57,86	25,54	WBM	17	19	8,6
	4	2RR	Tri Cone Bit - Motor - SSTB - LWD - MWD - 9 1/2 DC - 8 1/4 DC - HWDP - Jar - HWDP	823,2	1440,2	77,4	59,57	17,35	WBM	2	1	8,6
	5	3	PDC Bit - Motor - SSTB - LWD - MWD - 9 1/2 DC - 8 1/4 DC - HWDP - Jar - HWDP - Accelerator - HWDP	1440,2	2213,2	45,7	32,68	8,12	WBM	1	3	8,3
	6	3R	PDC Bit - Motor - SSTB - LWD - MWD - 9 1/2 DC - 8 1/4 DC - HWDP - Jar - HWDP - Accelerator - HWDP	2213,2	2627,2	33,46	19,08	32,2546	WBM	1	2	8,3

Fuente: Equión Energía Limited

BHA #2: Se armó con broca Tricónica HYCALOG. Se bajó lavando con 710 gpm – 410 psi hasta 92 ft (TOC), se realizó Dress off del cemento desde 92 ft hasta 129 ft con 650 gpm – 360 psi, 60 rpm, 5 – 10 WOB.

Se perforó el zapato y el Rat Hole desde 129 ft a 137 ft con 450 gpm – 150 psi, 60 rpm – TQ 3.5 Kft-lb y WOB 5 – 7 Klbs. Se continuó la perforación de Guayabo hasta 142 ft con 450 gpm – 150 psi. Se desplazó el lodo ACUAGEL/XTEND II al lodo polimérico con el q se trabajó la fase, se bombearon 50 Bbl de píldora viscosa y se sacó a superficie.

BHA # 3: Se armó con la misma broca de la corrida anterior, se perforó hasta 199 ft con 450 gpm – 630 psi, 60 rpm, se tuvieron los siguientes eventos de pérdidas en el intervalo: a 166 ft se tuvieron pérdidas de 7 bph a 30 bph; a 168 ft los valores alcanzaron los 80 bph; a 170 ft se redujeron a 30 bph, pero a 178 ft se perdió totalmente el retorno. Se continuó perforando sin retornos comprobando el movimiento de la sarta cada 15 ft perforados y bombeando 50 Bbl de píldora viscosa cada 30 ft perforados.

Una vez se perdieron la totalidad de los retornos, se adicionaron 400 Bbl de píldora LCM al sistema activo, pero no se evidenció ningún cambio en el nivel de pérdidas. Se implementó la estrategia para perforar ciegos con agua + 0.35 ppb PHPA.

A 209 ft se tuvieron retornos parciales con pérdidas de 300 bph, a 229 ft se incrementó la tasa de pérdidas hasta 420 bph, a 430 ft aumentaron a 480 bph. Cada 30 ft perforados se bombearon 50 Bbl de píldora viscosa. Se decidió sacar hasta el zapato debido a problemas eléctricos con el Top Drive.

Se continuó perforando hasta 822 ft, con una ROP promedio de 8 ft/hr. Se levantó la sarta para asegurar que estaba libre y se bombearon 50 Bbl de píldora viscosa con 450 gpm – 580 psi para limpiar el anular

Se trabajó la sarta arriba y abajo con 450 gpm y 580 – 630 psi tratando de llegar a fondo, sin éxito. Se bombearon otros 50 Bbl de píldora viscosa.

Se sacó hasta 833 ft bombeando 150 Bbl a 410 gpm de píldora con 85 ppb de material de pérdida. Durante la sacada no se evidenció ningún arrastre. Hueco en buena condición.

Se vuelve a correr hasta 818 ft bombeando 180 Bbl a 315 gpm – 30 psi de píldora con 110 ppb de material de pérdida. Se sacó a superficie y se hizo L/D del BHA

BHA #4: Se armó y corrió. Se bajo lavando y rimando desde 749 ft a 822 ft con retornos a superficie. Se continuó perforando con 60 rpm, 5 kft-lb TQ, 427 gpm – 770 psi, WOB 30 -40, y con retornos en superficie de aproximadamente el 20%, cuando se intentó aumentar la rotación por encima de 60 rpm, se observaban vibraciones. A 839 ft se perdieron por completo los retornos. A 882 ft se bombearon 50 Bbl de píldora viscosa.

Se avanzó en la perforación hasta 1,439 ft cambiando continuamente los parámetros buscando optimizar la ROP y evitar la vibración de la sarta. Cada 45 ft perforados se bombearon y desplazaron 50 Bbl de píldora viscosa mientras se levantaba para confirmar que la sarta estaba libre.

Se sacó en hueco abierto debido a poco volumen de agua disponible para continuar con la perforación. Se bombearon y se desplazaron 100 Bbl de píldora viscosa mientras se reciprocaba la sarta, finalmente con la sarta en fondo, se colocaron otros 100 Bbl de píldora viscosa. Se sacó a superficie el BHA #4.

BHA #5: Se armó con broca PDC. Se corrió hasta 834 ft sin retornos, con el nivel de lodo a la altura del cabezal, se bajó lavando en hueco abierto hasta 1,439 ft con 200 gpm – 90 psi. Se perforó León sin retornos hasta 2,212 ft, momento en el cual la presión cayó de 690 psi a 600 psi, se detiene la perforación y se hace chequeo de nivel de fluido sin que se vea desde la mesa, se calcula una caída de 302 ft en el mismo. Se bombean 50 Bbl de píldora con material de pérdida (110 ppb) por el anular mientras se continua con la circulación en directa con 250 gpm – 50 psi y monitoreando el hueco.

BHA #6: Se armó con la misma broca PDC de la corrida anterior y se corrió hasta 1,979 ft sin restricción, se bajó lavando desde 1,979 ft hasta 2,179 ft con 200 gpm – 90 psi y se rimó desde 2,179 ft hasta 2,212 ft con 500 gpm – 890 psi, 80 rpm, TQ 5 Kft-lb.

Se continuó perforando la sección de 26" sin retornos a través de la formación León hasta 2,308 ft en este momento se observó el nivel de fluido a alrededor de 20 ft desde la mesa rotaria. Se continuó perforando hasta el TD de la sección bombeando 50 Bbl de píldoras viscosas con cada 20 ft perforados y haciendo Reaming y Backreaming cada 45 ft perforados.

• **Formaciones perforadas**

Durante la sección de 26” del pozo se atravesó la formación Guayabo, Charte y León. El intervalo perforado de Guayabo, así como en la sección anterior, está compuesto principalmente en la parte superior por areniscas conglomeradas y se evidencian también Siltstone y trazas de Chert en menor proporción.

Guayabo en esta sección fue perforada con una broca tricónica de 26” en dos corridas y se manejaron en promedio los siguientes parámetros:

Tabla 31 Parámetros promedios de perforación formación Guayabo Fase 26” Pozo Yopal 2

INTERVAL ft (MD)	Bit No	MW (ppg)	RPM	WOB	ROP	FLOW (gpm)	SPP (psi)
136' - 142'	2	8.3	60	6.0 - 8.0	10.2	600	200
142' - 538'	2R	8.3	45 - 60	15.0 - 30.0	10.8	450	530 - 550

Fuente: Equión Energía Limited

El intervalo de 178 ft a 538 ft fue perforado con pérdidas totales de fluido, se observaron retornos intermitentes en los intervalos de 209 ft – 230 ft y 380 ft – 450 ft, las muestras recolectadas en esos intervalos no fueron representativas.

Con base en los parámetros de perforación y en la información del Pozo Yopal 1, se establece que ésta formación está conformada por intercalaciones de Arenisca y Lodolita. Se presentaron altas vibraciones en las zonas de las arenas, en donde fue necesario su control por medio de la variación de los parámetros de perforación. No se tuvieron gases asociados a esta formación. Las pérdidas acumuladas mientras se perforaba Guayabo fueron de 30,582 Bbl.

El intervalo perforado de Charte fue caracterizado principalmente por parámetros de perforación correlacionados con el Pozo Yopal 1 y la información de Gamma Ray del mismo.

Charte fue perforada sin retornos desde 538 ft hasta 1,517 ft. Se obtuvieron retornos parciales en el intervalo de 822 ft – 830 ft, las muestras recolectadas aquí no fueron representativas. Las pérdidas acumuladas mientras se perforaba Guayabo y Charte fueron de 101,490 Bbl.

Ésta formación fue perforada en esta sección por dos brocas de 26”, cuyos parámetros promedios se presentan en la siguiente tabla:

Tabla 32 Parámetros promedios de perforación formación Charte Fase 26” Pozo Yopal 2

INTERVAL ft (MD)	Bit No	MW (ppg)	RPM	WOB	ROP	FLOW (gpm)	SPP (psi)
538' - 822'	2R	8.3	17 - 74	11.0 - 40.0	17.82	445	531 - 612
822' - 1,439'	2RR	8.3	36 - 123	13.0 - 64.0	11.18	428	707 - 780
1,439' - 1,517	3	8.3	52 - 137	14.0 - 51.0	17.69	490 - 500	560 - 809

Fuente: Equión Energía Limited

El tope de León fue definido por parámetros de perforación y por correlación con el Pozo Yopal 1 debido a la ausencia de recortes ya que el intervalo se perforó con pérdidas totales. León se puede definir en tres zonas principalmente. “Upper”, “Middle” y “Lower”. Los parámetros de perforación se cada zona se relacionan a continuación.

Upper León Member

Tabla 33 Parámetros promedios de perforación formación Upper León Fase 26" Pozo Yopal 2

INTERVAL ft (MD)	Bit No	MW (ppg)	RPM	WOB	ROP	FLOW (gpm)	SPP (psi)
1,517' - 1,772'	3	8.3	89 - 133	20 - 41	20.87	490 - 500	582 - 794

Fuente: Equión Energía LimiteD

Middle León Member

Tabla 34 Parámetros promedios de perforación formación Middle León Fase 26" Pozo Yopal 2

INTERVAL ft (MD)	Bit No	MW (ppg)	RPM	WOB	ROP	FLOW (gpm)	SPP (psi)
1,772' - 2,212'	3	8.3	50 - 156	4.0 - 43.0	32.24	498 - 500	658 - 783
2,212' - 2,219'	3R	8.3	73 - 140	10.0 - 50.0	28.9	489 - 495	806 - 986

Fuente: Equión Energía Limited

Lower León Member

Tabla 35 Parámetros promedios de perforación formación Lower León Fase 26" Pozo Yopal 2

INTERVAL ft (MD)	Bit No	MW (ppg)	RPM	WOB	ROP	FLOW (gpm)	SPP (psi)
2,212' - 2,312'	3R	8.3	70 - 100	30 - 45	32.24	498 - 500	658 - 783
2,312' - 2626'	3R	8.3	125 - 130	12.0 - 25.0	28.9	489 - 495	806 - 986

Fuente: Equión Energía Limited

- **Trayectoria hueco de 26”**

Trayectoria vertical, máxima desviación 1.52° a 2,576 ft. A continuación se relacionan los surveys tomados en esta sección:

Tabla 36 Surveys fase 26” Pozo Yopal 2

Comments	MD (ft)	Incl (°)	Azim Grid (°)	TVD (ft)	TVDSS (ft)	VSEC (ft)	NS (ft)	EW (ft)	DLS (°/100ft)
	183,00	0,17	99,80	183,00	-3241,68	-0,25	-0,05	0,27	0,09
	218,00	0,25	7,24	218,00	-3206,68	-0,27	0,02	0,33	0,88
	255,00	0,09	52,50	255,00	-3169,68	-0,24	0,12	0,36	0,53
	316,00	0,06	90,96	316,00	-3108,68	-0,28	0,15	0,43	0,09
	398,00	0,00	203,75	398,00	-3026,68	-0,32	0,15	0,47	0,07
	492,00	0,06	22,05	492,00	-2932,68	-0,31	0,19	0,49	0,06
<i>Charte</i>	538,00	0,03	80,86	538,00	-2886,68	-0,32	0,22	0,52	0,11
	580,00	0,06	132,22	580,00	-2844,68	-0,35	0,20	0,54	0,11
	683,00	0,14	75,74	683,00	-2741,68	-0,49	0,20	0,71	0,11
	798,00	0,14	40,11	798,00	-2626,68	-0,60	0,34	0,93	0,07
	895,00	0,09	348,50	895,00	-2529,68	-0,57	0,51	0,99	0,11
	990,00	0,12	322,89	990,00	-2434,68	-0,42	0,66	0,92	0,06
	1084,00	0,09	85,55	1084,00	-2340,68	-0,39	0,74	0,93	0,20
	1178,00	0,06	15,88	1178,00	-2246,68	-0,43	0,80	1,02	0,09
	1272,00	0,06	21,19	1272,00	-2152,68	-0,41	0,89	1,05	0,01
	1366,00	0,14	319,79	1366,00	-2058,68	-0,29	1,02	1,00	0,13
	1436,00	0,00	342,88	1436,00	-1988,68	-0,21	1,09	0,94	0,20
<i>Leon</i>	1517,00	0,12	36,51	1517,00	-1907,68	-0,21	1,16	0,99	0,15
	1531,00	0,14	36,51	1531,00	-1893,68	-0,21	1,18	1,01	0,15
	1626,00	0,09	264,23	1626,00	-1798,68	-0,16	1,27	1,00	0,22
	1720,00	0,09	325,28	1720,00	-1704,68	-0,04	1,32	0,89	0,10
	1814,00	0,12	340,96	1814,00	-1610,68	0,11	1,47	0,81	0,04
	1908,00	0,09	303,55	1908,00	-1516,68	0,26	1,61	0,72	0,08
	2002,00	0,06	152,76	2002,00	-1422,68	0,29	1,60	0,68	0,15
	2097,00	0,17	260,58	2097,00	-1327,68	0,35	1,54	0,57	0,21
	2205,00	0,38	176,15	2205,00	-1219,69	0,26	1,15	0,43	0,37
	2299,00	0,26	160,34	2298,99	-1125,69	-0,10	0,64	0,52	0,16
	2393,00	0,26	13,03	2392,99	-1031,69	-0,19	0,65	0,64	0,53
	2487,00	0,70	351,36	2486,99	-937,69	0,26	1,42	0,61	0,50
26in Section - last survey	2576,00	1,52	349,90	2575,97	-848,71	1,42	3,12	0,32	0,92

Fuente: Equión Energía Limited

• Lodo Hueco de 26”

Debido a la alta probabilidad de experimentar pérdidas masivas de lodo se recomendo el uso de un lodo polimerico a base agua, el cual permitiria un manejo adecuado de la ROP y una buena limpieza del hueco. Así que, despues de hacer el drill out del cemento se hizo el desplazamiento del lodo AQUAGEL por el lodo polimérico en cuestión, sin embargo cuando se avanzaba en la perforación a 166 ft, se empezaron a tener pérdidas parciales de retorno, hasta que en 178 ft se perdio en su totalidad el retorno.

Una vez se perdieron retornos se bombearon 400 Bbl de píldora con 85 ppb material de pérdida desde la reserva al sistema activo buscando curar las pérdidas, sin que se notará ninguna mejoría.

A partir de que se perdio el retorno se empezó a implementar una estrategia de limpieza del hueco bombeando cada 30 ft – 45 ft 50 Bbl de píldora viscosa, y comprobando el estado libre de la sarta cada 15 ft.

Propiedades del Lodo Hueco de 26”

Se trabajó con lodo POLYMER WBM, para ayudar al control de pérdidas se bombearon píldoras LCM, sin resultados exitosos, por el contrario éste material causo taponamientos en el equipo de control de sólidos.

Tabla 37 Propiedades del lodo Hueco de 26” Pozo Yopal 2

PROPERTIES	PROGRAMMED	TYPICAL	MIN	MAX
Density, ppg	8.345	8.345	8.3	8.345
Funnel Viscosity, Sec/qt		31	26	31
Yield Point, lb/100ft ²		2	0	2
Ph	7.0	7.0	7.0	7.0

Fuente: Equión Energía Limited

Tabla 38 Aditivos Lodo Hueco de 26” Pozo Yopal 2

POLYMER MUD			
Material	Average [ppb]	Minimum [ppb]	Maximum [ppb]
AQUAGEL	5.77	4.92	6.61
BARAZAN D PLUS	0.08	0.04	0.11
CAUSTIC SODA	0.08	0.06	0.1
CLAY GRABBER	0.05	0.03	0.07
PAC R	0.21	0.12	0.3
PAC L	0.21	0.12	0.3
POLYAC PLUS	0.43	0.24	0.61
SODIUM BICARBONATE	0.05	0.03	0.06
X-TEND II	0.02	0.01	0.02
HI-VIS WITH BAROTROL PILLS			
AQUAGEL	26.84	22.2	30.6
BARAZAN D PLUS	2.09	1.28	2.55
BAROTROL	13.25	8.23	16.67
LCM PILLS			
AQUAGEL	19.17	7.85	25.9
BARAZAN	0.34	0.17	0.58
BAROFIBRE FINE	2.45	1.49	3.74
BAROFIBRE COARSE	13.12	8.88	16.07
CAUSTIC SODA	0.18	0.1	0.28
CaCO3 10-40	18.03	13.99	21.22
CaCO3 40-100	16.13	10.75	20.1
KWIK SEAL MEDIUM	8.35	5.07	13.05
KWIK SEAL COARSE	8.43	5.34	10.24
MICA FINE	3.39	0.92	6.09
STEEL SEAL 400	4.66	1.14	6.8
STEEL SEAL 1000	6.36	4.9	7.5
Water			
Material	Average [ppb]	Minimum [ppb]	Maximum [ppb]
AKTAFLO-S	0.02	0.01	0.03
EZ-MUD	0.08	0.03	0.28
CLAY GRABBER	0.05	0.02	0.1

Fuente: Equión Energia Limited

Tabla 39 Volumen de Lodo Fase de 26" Pozo Yopal 2

Fluid Volume Summary		
Additions	Mixed Volume	158900.2
	Received Volume	600
	Total Volume	159500.2
Losses	Down-hole	154186.7
	SCE & Miscellaneous	0
	18.5" Section Returned	440.9
	Cement & Spacers	1500
	Total Losses	156127.6

	Programmed	Actual	Transferred
Total volume	14183	159500.2	440.9

Datos: Equión Energía Limited

• **Acondicionamiento del hueco para revestir**

El acondicionamiento del hueco para revestir inició una vez terminada la perforación del hueco, es decir, el 19 de septiembre de 2011 a las 04:15 horas y finalizó el mismo día a las 21:00 horas, para un total de 16.75 horas.

La secuencia operativa que se ejecutó para el acondicionamiento se relaciona a continuación:

1. Se bombearon y desplazaron 130 Bbl de píldora viscosa con 500 gpm – 880 psi. Se hizo Reaming y Backreaming desde 2,626 ft hasta 2,536 ft.
2. Se realizó viaje corto desde 2,626 ft hasta 1,790 ft, durante el viaje se experimentó un máximo de 40 Klbs de Overpull.
3. Se corrió desde 1,790 ft hasta 2,543 sin restricciones.

4. Se bombearon y se desplazaron en fondo 100 Bbl de pídora de alta viscosidad con 7 bpm – 360 psi.
5. Se sacó desde 2,543 ft hasta 88 ft.
6. Se sacó a superficie y se hizo L/D del BHA.

• **Corrida Casing de 20” (K-55, 133 Lb/ft, Conexión Buttress).**

La corrida Casing de 20” inicio el 19 de septiembre de 2011 a las 21:00 horas y finalizó el 21 de septiembre de 2011 a las 06:00, para un total de 33 horas.

A 2,620 ft se sentó casing de 20” de 133 lb/ft con conexiones Buttress. En el casing se bajó un Casing Annular Packer, ubicado a aproximadamente 170 ft de la mesa rotaria en hueco abierto. Toda la corrida se llevó a cabo según lo planeado sin ninguna pérdida de tiempo relevante.

• **Cementación Casing de 20”**

La cementación del casing de 20” inició el 21 de septiembre de 2011 a las 06:00 horas y finalizó 24 de septiembre de 2011 a las 04:00 horas, para un total de 70 horas.

El diseño original de volúmenes de cemento fue basado en un hueco abierto estimado de 32.5” sin exceso debido a la perforación sin retornos. El diseño fue para una cola de cemento de 16 ppg para cubrir 200 ft del fondo, 40 ft como Shoe Track y 10 ft adicionales como Rat Hole. Y por último se diseñó una lechada principal de 13.5 ppg para cubrir hasta superficie.

Éste diseño también incluía agua como pre-flujo, sin embargo, ésta no se bombeo ya que el hueco ya se encontraba lleno con agua.

El trabajo se ejecutó sin problemas de acuerdo a la secuencia operacional planeada. El bombeo se llevó a cabo con la unidad de Baker con una tasa promedio de 4.5 bpm y 600 psi.

El desplazamiento se hizo con 85 Bbl de WBM con la misma unidad de cementación. No se observaron retornos a superficie durante el trabajo de cementación por lo que fue necesario realizar un “Top Job” posterior. Cuando finalizó el desplazamiento, se apagaron las bombas y se observó una presión remanente de 109 psi, después de 5 minutos se liberó la presión se obtuvieron 4.0 Bbl como flujo de retorno en la unidad de cementación “Backflow”.

En el tiempo de éste trabajo de cementación se incluye el tiempo del inflado del empaque, el cual no fue exitoso ya que se bombearon hasta 4.5 Bbl para el inflado y el empaque aún seguía tomando fluido, e incluye también la realización del Top Job que debido a que el empaque no funcionó tuvo que hacerse en 3 fases

Tabla 40 Información fluidos para cementación Hueco 26” Pozo Yopal 2

WELL DATA			
Previous Casing Size (in): 30	Weight (lb/ft):	Shoe (ft): 131	
Bit Size (in): 26"			
Casing 1: Interval :0 –2620 ft	OD (in): 20"	Weight (lb/ft): 133	
Casing 2: Interval	OD (in):	Weight (lb/ft):	
Float Collar Depth (ft): Not Used	Liner Hanger (ft):	Shoe (ft): 2620	
Average OH Diameter (in): 26	Excess on OH Volume (%): 75%		
OH Measured by: ESTIMATED	Planned TOC (ft): 44		

SPACER DETAILS			
	Spacer Type	Weight (ppg)	Volume (bbl)
Spacer 1(Ahead of cement)	Water	8.34	0
Spacer 2(Behind cement)			

PROGRAMMED SLURRY DETAILS			
	Filler Slurry	Tail Slurry	
Cement Class G	Dyckerhoff 1760	Dyckerhoff 1760	
Yield (cuft/sk)	1.70	1.12	
Water (gal/sk) Filtered Well Site	8.65	4.77	
Slurry Weight (ppg)	13.5	16	
Thickening Time (Hrs : Min)	8:35	2:50	
Additive 1 CD- Ultra	Conc: 0.017 units : gal/sk		
Additive 2: FP-6L	Conc: 0.02 units : gal/sk	Conc: 0.01 units : gal/sk	
Additive 3: A-7	Conc: 0.3 units : %	Conc: 0.5 units : %	
Additive 4: A-3L	Conc: 0.35 units : gal/sk		
Additive 5: R-3	Conc: 0.9 units : %		
Additive 6: FL-54	Conc: 0.2 units : %	Conc: 0.07 units : %	

CEMENT DISPLACEMENT DETAILS			
Circulation Prior to Cementing (bbl): 400	Rate (bbl/min):5	Pressure (psi): 40	
Losses Running & Circulating Casing (bbls): No			
Volume Cement (bbls)	Lead Cement Slurry: 1415	Tail Cement Slurry:152	
Average Mixing Rate (bpm)	Lead Cement Slurry: 4.5	Tail Cement Slurry: 4.5	
Displacement Fluid: Water	Weight (ppg): 8.4		
Displacement Method: cementing unit pumps	Efficiency (%):		
Displacement Volume 1 (bbl): 85	Displacement Rate 1 (bbl/min): 3		
Displacement Volume 2 (bbl):	Displacement Rate 2 (bbl/min):		
Displacement Volume 3 (bbl):	Displacement Rate 3 (bbl/min):		
Reciprocation: No	Stroke (ft):	Rotation: No	R.P.M.
Volume mud left in annulus (bbl): 0	Inhibitor Added: No	Inhibitor added to Spacer: No	
TOTAL VOLUME PUMPED: WATER + CEMENT + MUD = <input type="text" value="1652"/> (BBL)			
TOTAL RETURNS <input type="text" value="0,0"/> (BBL)			
TIME TO ADD CEMENT BATCH MIXER : <input type="text"/> (HRS)			

Fuente: Equión Energía Limited

• **Instalación y Prueba de Preventoras (21 ¼”)**

La instalación y prueba de preventoras de 21 ¼” de 20” inició el 24 de septiembre de 2011 a las 04:00 horas y finalizó el 25 de septiembre de 2011 a las 06:00 horas, para un total de 26 horas. Las 26 horas incluyen: instalación de BOPs (18.5 horas) y prueba de Preventoras (7.5 horas).

• **Drill Out del cemento.**

El drill out del cemento inició el 25 de septiembre de 2011 a las 06:00 horas y finalizó el 26 de septiembre de 2011 a las 03:00 horas, para un total de 21 horas. Se corrió BHA # 7, con broca Tricónica de 18.5” para realizar el drill out del cemento. Se encontró el tope a 2,539 ft, y se perforó cemento desde 2,539 ft hasta 2,604 ft con los siguientes parámetros:

- WOB: 5 Klbs.
- Caudal de bomba: 800 gpm.
- Presión: 830 psi.

Tabla 41. Información BHA #7 para Drill Out Fase 26” Pozo Yopal 2

Hole Size (inches)	BHA Number	Bit Number	BHA COMPONENTS	MD in (ft)	MD out (ft)	Time in hole			Mud information			
						Circulating Time (hrs)	On Bottom Time (hrs)	Rotating Time (hrs)	Mud Type	Plastic Visc (cp)	Yield Point (cp)	MW (ppg)
18 1/2”	7	4	Tri Cone Bit - SSTB - 9 1/2 DC - 8 1/4 DC - HWDP - Jar - HWDP - Acclerator - HWDP	2627,2	2647,2	7,2	6	10,8	WBM	1	2	8,3

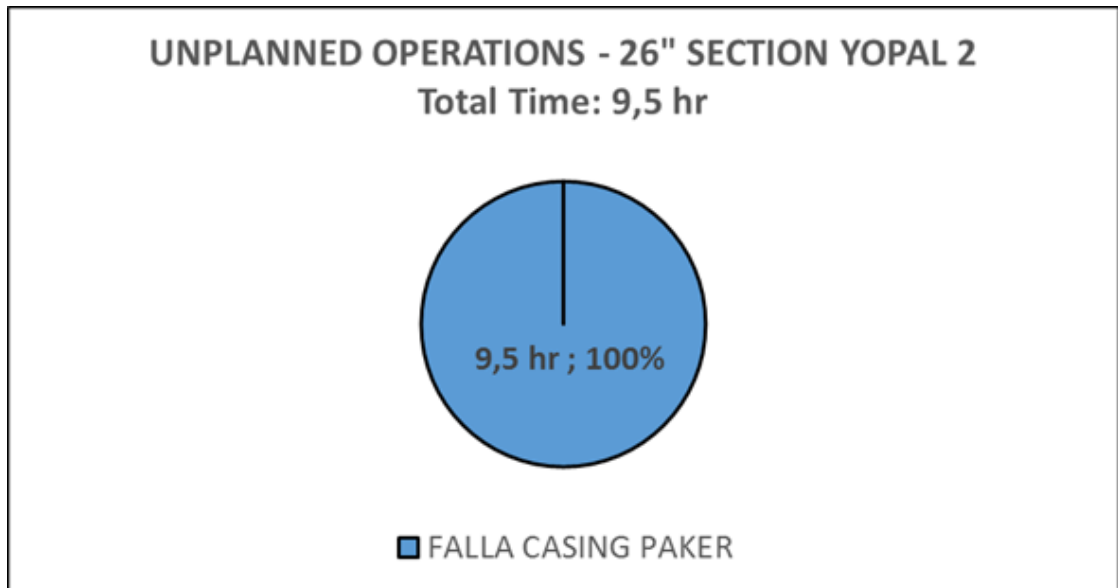
Fuente: Equión Energía Limited

- **Prueba de Integridad a la formación (FIT).**

La prueba de integridad de la formación inició el 26 de Septiembre de 2011 a las 03:00 horas y finalizó el mismo día a las 08:00 horas, para un total de 5 horas. La prueba se ejecutó de la siguiente manera. Como resultado de la prueba se obtuvo un peso equivalente (EMW) de 9,68 ppg a 148 psi.

3.2.2.4 Análisis de operaciones no planeadas – problemas operacionales

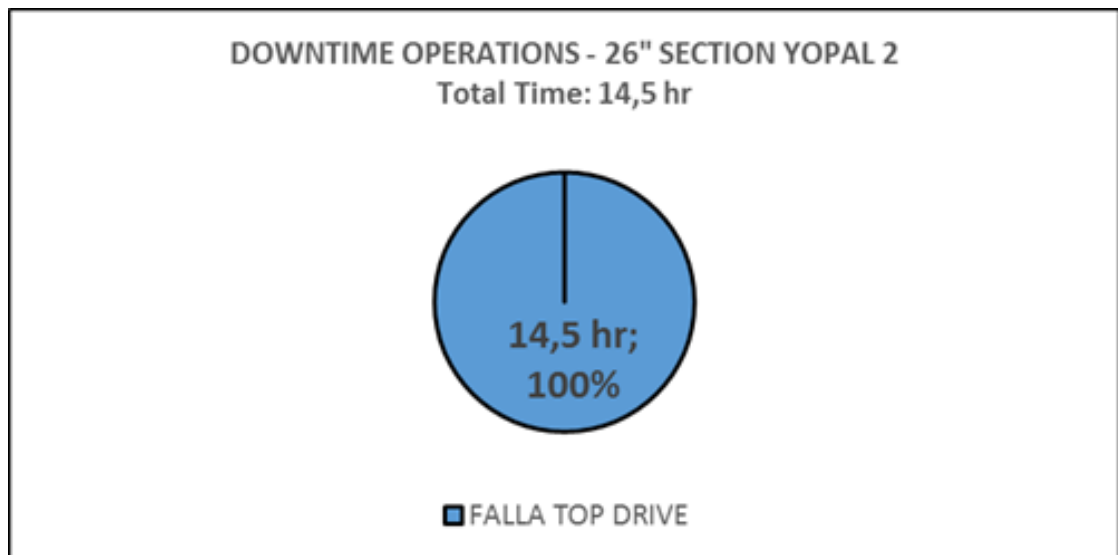
Grafica 13 Análisis gráfico de las operaciones no planeadas Fase 26” Pozo Yopal 2



Datos: Equión Energía Limited

3.2.2.5 Análisis de operaciones “downtime”

Grafica 14. Análisis gráfico de las operaciones “Downtime” Fase 26” Pozo Yopal 2



Datos: Equión Energía Limited

FALLA TOP DRIVE (14,5 hr) – Mientras se perforaba se presentó una falla en el sistema eléctrico del Top Drive, que obligo a que se sacara la sarta hasta el zapato y esperar hasta que se repara el mismo.

3.2.2.6 Lecciones y posibles mejoras de la sección de 26”.

- La decisión inmediata de continuar con la perforación aun cuando no se tenían retornos, dio una ventaja con respecto al pozo anterior, y evidentemente generó un ahorro tanto en tiempo como en dinero.
- El uso de píldoras viscosas durante la perforación ayudo a la limpieza del hueco y a minimizar riesgos de pega y empaquetamiento.

- La simplificación de la composición del lodo a penas se perdió el retorno fue una decisión que sin lugar a dudas ahorro tiempo de preparación del mismo y dinero invertido por barril.
- Un total de 154,939 Bbl se perdieron durante la perforación de la sección de 26", para próximos proyectos se deben estudiar alternativas diferentes como la perforación con fluido aireado, con casing, el uso de fluidos tixotrópicos o espumosos.
- Se tuvo buena logística de agua, ya que en comparación con el pozo anterior no se tuvo que parar la operación por falta del fluido.

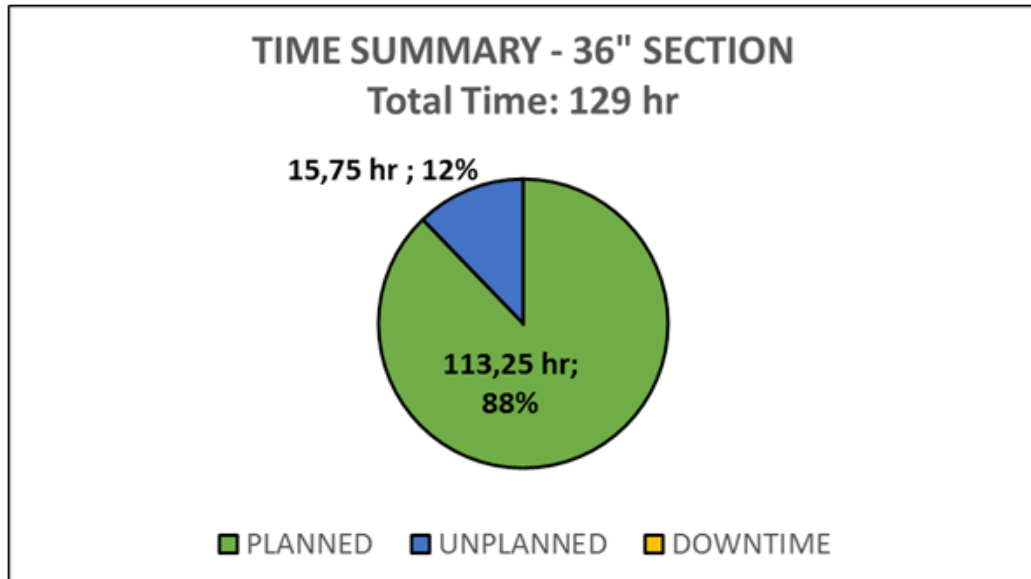
3.3 POZO YOPAL 3

3.3.1 Análisis fase de 36" – hueco conductor

3.3.1.1 Periodo analizado: Corresponde a todas las actividades que se ejecutaron durante la perforación y revestimiento del hueco conductor de 36". Desde el 13 de Enero de 2012 a las 00:00 horas hasta el 18 de Enero de 2012 a las 09:00 horas, para un tiempo total de 129 horas analizadas.

3.3.1.2 Análisis de tiempos de la sección: A continuación se pueden observar la distribución del tiempo en esta sección:

Grafica 15. Distribución de tiempo sección de 36" Pozo Yopal 3



Datos: Equión Energía Limited

En términos generales en el 88% del tiempo (113.25 hr) se ejecutaron las operaciones planeadas del hueco conductor de 36" (Perforación, Acondicionamiento del hueco para revestir, Revestimiento, Cementación, Instalación del Bell Nipple, instalación de la RCD y Drill Out).

El tiempo improductivo fue del 12% (15.75 hr). Ésta pérdida de tiempo se debió principalmente a la restricción que presentó el hueco a 90 ft al momento de bajar el revestimiento de 30", y como consecuencia la necesidad de un viaje adicional para ensanchar el hueco de 36" a 42".

Es importante destacar que en la sección no se presentaron pérdidas de tiempo por actividades que se consideraran como Downtime.

Como lo presenta la gráfica anterior se gastaron un total de 113.25 horas (4.71 días) en operaciones planeadas, y 15.75 horas (0.66 días) en operaciones no planeadas.

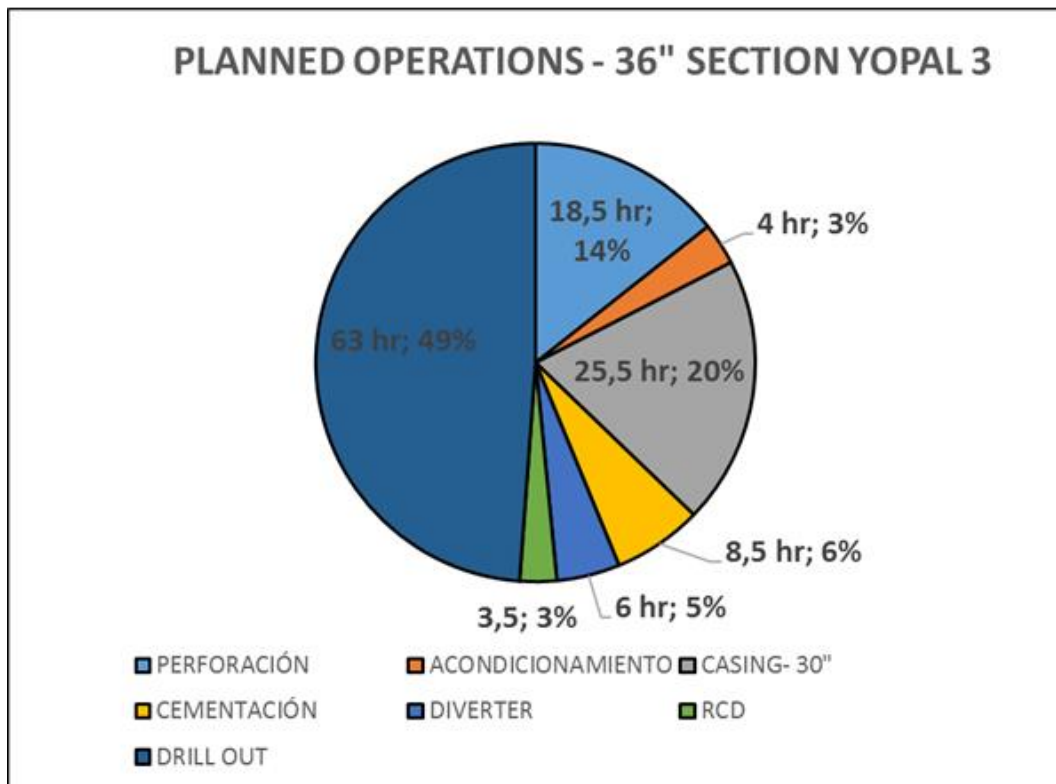
A continuación se relaciona un análisis detallado de operaciones planeadas y no planeadas.

3.3.1.3 Análisis de operaciones planeadas

• Análisis gráfico distribución de tiempo – operaciones planeadas

A continuación se presenta un análisis gráfico de las operaciones planeadas que se ejecutaron durante la fase de 36”.

Grafica 16 Análisis gráfico de las operaciones planeadas Fase 36” Pozo Yopal 3



Datos: Equión Energía Limited

• **Perforación hueco conductor de 36”:**

La Perforación del hueco de 36” inició el 13 de Enero de 2012 a las 00:00 y finalizó el mismo día a las 18:30, para un total de 18.5 horas perforando. Se perforaron 134 ft de la formación Guayabo, desde superficie hasta 134 ft en MD, es decir, en una trayectoria vertical, con broca tricónica y BHA rotario.

La perforación se llevó a cabo sin inconvenientes, sin embargo, al momento de bajar el revestimiento de 30”, se evidenció una restricción a 90 ft, que impidió la finalización de la operación, razón por la cual fue necesario sacar el casing que se había corrido hasta el momento y realizar el ensanchamiento del hueco a 42”.

• **Parámetros mecánicos, hidráulicos y ROP.**

En esta sección se trabajaron los parámetros presentados en la siguiente tabla, los cuales fueron leídos directamente del DataLog adjunto en el anexo 1.

Tabla 42 Rangos parámetros hidráulicos, mecánicos y ROP, Fase 36” Pozo Yopal 3

Parámetros hidráulicos, mecánicos y ROP	
RPM	40 - 75
WOB	< 12,5 Klb
ROP	<10 ft/hr
Torque	<8 Kft-lb

Datos: Equión Energía Limited

- **Brocas Utilizadas**

Esta sección se perforo con broca tricónica de 36”, la broca perforó 134 ft en modo de rotación, para un total de 17.2 horas en fondo, posteriormente la misma broca se corrió con el BHA #2 con un ensanchador de 42”.

A continuación se presentan las especificaciones de la Broca, tomadas del Bit Record del pozo. Su respectivo Bit Report puede ser consultado en el Anexo B de este libro.

Tabla 43 . Bit Record Fase 36” Pozo Yopal 3

Size	Bit Number	Reference	Type	Footage (ft)	Depth in (ft)	Depth out (ft)	Min WOB (klb)	Max WOB (klb)	Average ROP (fph)	Mud Weight	Dull Grading	Manufacturer
36"	1	L3A	Tricone	135	0	135	5	12	7,8	8,6	0-0-NO-A-E-I-NO-TD	Varel

Fuente: Equión Energía Limited

- **BHA**

Para esta sección se usaron dos BHA, uno para la perforación inicial y otro para el ensanchamiento posterior, a continuación se presenta el detalle de ambos.

Tabla 44 BHA Record Fase 36”Pozo Yopal 3

Hole Size (inches)	BHA Number	Bit Number	BHA COMPONENTS	MD in (ft)	MD out (ft)	Time in hole			Mud information			
						Circulating Time (hrs)	On Bottom Time (hrs)	String Rotating Time (hrs)	Mud Type	Plastic Visc (cp)	Yield Point	MW (ppg)
36"	1	1	Tri Cone Bit - Bit Sub - 9 1/2 DC	0	134	19	17,2	-	WBM	17	25	8,9
	2	1	Tri Cone Bit - Hole Opener - Bit Sub - 9 1/2 DC	0	134	8	17,2	-	WBM	17	25	8,9

Fuente: Equión Energía Limited

El BHA #1 perforó desde 49 ft hasta 134 ft en la formación Guayabo. Se trabajó con los siguientes parámetros:

Tabla 45 Parámetros promedios de perforación BHA#1 Fase 36” Pozo Yopal 3

Profundidad (ft)	Tasa de Flujo (gpm)	Presión (psi)
49	210	33
88	250	33
110	325	35
120	450	50

Fuente: Equión Energía Limited

Luego de llegar a TD se hizo Reaming y Backreaming entre 55 ft y 134 ft. Luego se bajó lavando hasta 134 ft, no se observó Tensión (O/P) ni arrastre (Slack Off S/O). Se bombearon 100 Bbl de píldora viscosa y se sacó sin bomba hasta superficie. No se observaron pérdidas.

Cuando se corría el casing de 30” a 75 ft se observó Slack Off de 20 Klbs, se comenzó a circular para bajar lavando hasta 90 ft, profundidad a la cual no fue posible seguir avanzando. Se decidió sacar el casing de 30” que se había corrido hasta el momento. Se armó el BHA #2 con broca de 36” y ensanchador de 42”, durante la corrida se presentaron algunos eventos de vibraciones. Se hizo Reaming y Backreaming de 134 ft hasta 46 ft. Se sacó con bomba desde 134 ft hasta 46 ft sin que se observaran restricciones. Se volvió a fondo y nuevamente se bombearon 100 Bbl de píldora viscosa. Por último se sacó el BHA #2 a superficie. Los parámetros de perforación de ambas corridas se presentan en la siguiente tabla:

Tabla 46 Parámetros de perforación corrida casing 30" Fase 36" Pozo Yopal 3

	BHA # 1	BHA # 2	Unidades
WOB	5.0 - 12.0	0	Klbs
RPM	60 - 65	60	
PUM PRESSURE	255 - 35	50 - 60	psi
FLOW IN	150 - 450	360 - 450	gpm

Datos: Equión Energía Limited

• Formaciones Perforadas:

Durante la primera sección del pozo se atravesó la formación Guayabo. El intervalo perforado de esta formación está compuesto principalmente en la parte superior por areniscas conglomeradas, a partir de 90 ft el porcentaje de Mudstone aumenta. Se evidencian también Siltstone y trazas de Chert en menor proporción. A continuación se presentan los gases asociados a esta formación:

Tabla 47 Gases asociados a la formación Guayabo durante perforación Fase 36" Pozo Yopal 3

Picos de Gas	Total Gas %	C1	C2	C3	IC4	NC4	IC5	NC5
Ppm								
BGG	0.04	4	0	0	0	0	0	0

Fuente: Equión Energía Limited

La tasa de cavings promedio durante la perforación de esta formación fue de 0.48 bph; el valor máximo se presentó a 399 ft y fue de 0.7 bph.

Los cavings se calificaron como 60% blocosos, 30% Tabulares y 10% retrabajados. La litología asociada fueron arenas conglomeraticas, Mudstone y

Siltstone. El tamaño promedio de cavings fue de 4 mm y el tamaño máximo fue de 9 mm.

Guayabo se perforó con una broca tricónica de 36". La broca perforó 134 ft en modo de rotación, para un total de horas en fondo de 17.2 horas, posteriormente la sección fu ensanchada a 42" para correr el casing de 30"

• Trayectoria hueco de 36"

Trayectoria vertical, máxima desviación 0.65° a 63 ft. Como se relaciona en los siguientes surveys:

Al igual que en el pozo Yopal 2, los surveys fueron tomados durante la perforación de la sección de 26", es decir, fueron tomados con herramienta MWD.

Tabla 48. Surveys fase 36" Pozo Yopal 3

Comments	MD (ft)	Incl (°)	Azim Grid (°)	TVD (ft)	VSEC (ft)	NS (ft)	EW (ft)	DLS (°/100ft)
Tie-In	0,00	0,00	157,38	0,00	0,00	0,00	0,00	N/A
RTE	34,00	0,35	157,38	34,00	-0,10	-0,10	0,04	1,03
	63,00	0,65	157,38	63,00	-0,33	-0,33	0,14	1,03
30in Csg	127,00	0,48	157,38	127,00	-0,91	-0,91	0,38	0,26

Fuente: Equión Energía Limited

• Lodo Hueco de 36"

Durante la perforación del hueco de 36" se utilizó un sistema de lodo "AQUAGEL/X-TEND II" manejado por la compañía Halliburton Baroid Fluid Systems, con los productos químicos y concentraciones que se relacionan a continuación.

Tabla 49 Propiedades del lodo Hueco de 36” Pozo Yopal 3

Propiedades	Programado		Actual	
	Mín	Máx	Mín	Máx
Densidad, ppg	8.4	9.2	8.4	8.9
Viscosidad	40	80	54	62
PV a 120 F, cP	15	25	14	17
YP, lb/100 ft ²	20	30	24	28
Geles, lb/100 ft ²		17/25/30	10/15/2019	13/19/22
Filtrado API, cc		NC		
Torta, 1/32"		1		1
pH	5.5	9.5	6	9
Ca, ppm	60	80		60
Arena %		0.5	0.15	0.3
MBT, ppb		20	12.5	20

Fuente: Equión Energía Limited

Una vez se inició la perforación, se añadió X-TEND II con la finalidad de mejorar el desempeño del AQUAGEL y de prevenir la dispersión de los cortes en el lodo. Cuando se alcanzó la profundidad de la fase se circularon 100 Bbl de píldora de alta viscosidad. Después de que se llevó a cabo el viaje de acondicionamiento se bombearon 123 Bbl de lodo base agua de 9.6 ppg con la finalidad de facilitar la corrida del casing de 30”.

Los valores de MW del lodo estuvieron acordes a la ventana de lodo que se presentó en el programa de lodos, sin embargo se incrementó a 8.8 ppg debido a los sólidos perforados y debido a que no se tenía operativo el sistema completo de control de sólidos desde el inicio.

Tabla 50. Volúmenes de Lodo Fase de 36” Pozo Yopal 3

	PROGRAMMED	ACTUAL
Total volume [Bbl]	1,490.00	1,571.90

Datos: Equión Energía Limited

• Acondicionamiento del hueco para revestir

El acondicionamiento del hueco para revestir inició una vez terminada la perforación del hueco, es decir, el 13 de enero de 2012 a las 18:30 horas y finalizó el mismo día a las 22:30 horas, para un total de 4 horas.

La operación consistió en realizar Reaming y Backreaming con 450 gpm, 50 psi, 60 rpm, torque 2 kft-lbs desde 134 ft hasta 55 ft, volver a fondo y bombear 100 Bbl de píldora viscosa, una vez ésta retornó a superficie se levantó y se bajó sin bombas, no se observó ninguna restricción. Por último se colocaron en fondo 100 Bbl de píldora viscosa de 9.6 ppg y se sacó a superficie sin bombas sin que se presente ninguna restricción.

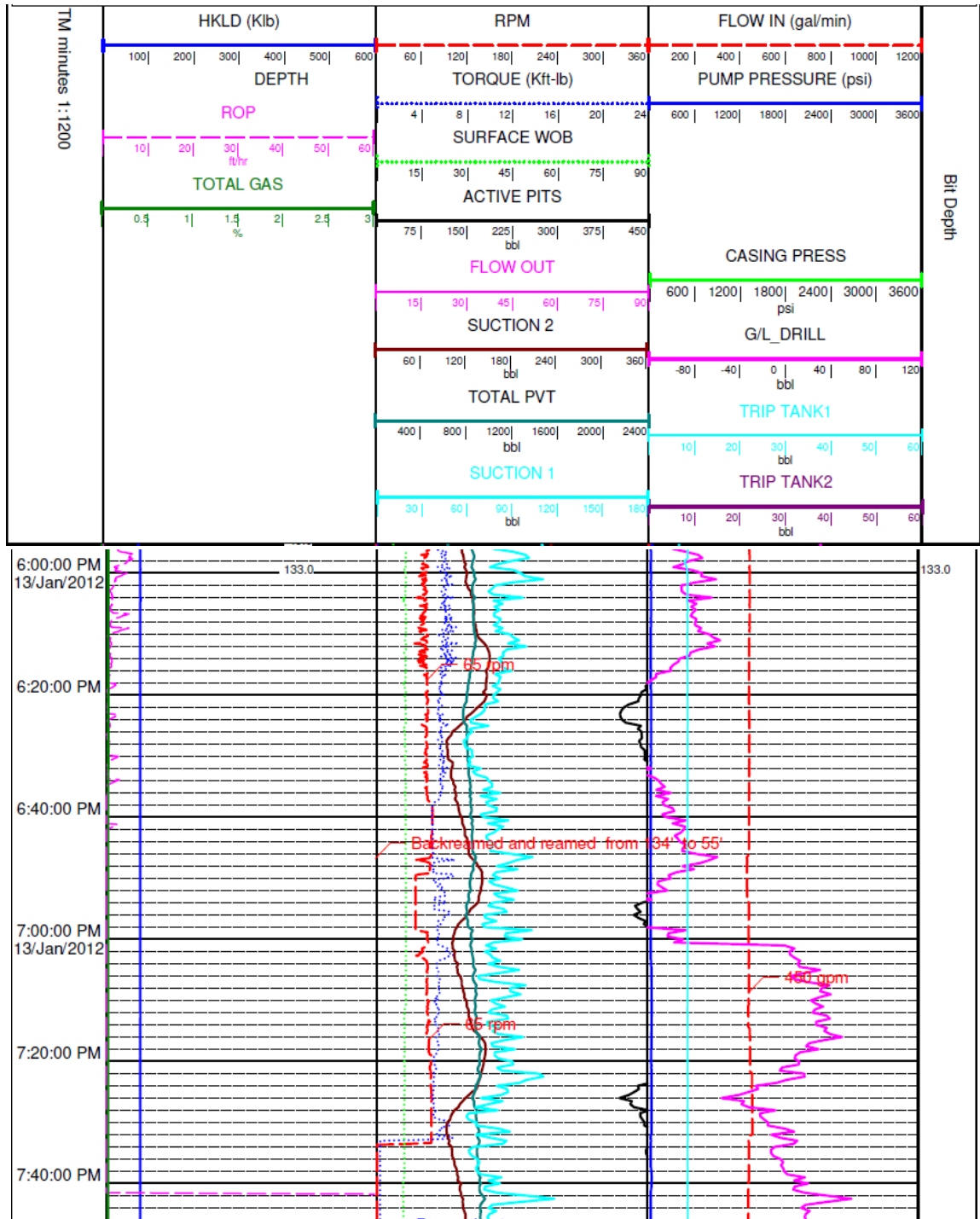
Observando el Drilling Data Plot que se muestra a continuación (DDP) del día 13 de enero podemos observar que el acondicionamiento del hueco se hace apenas termina la perforación con operaciones de Reaming y Backreaming, sin embargo no se puede establecer con exactitud la cantidad de veces que se ejecutó el rimado ya que el documento no muestra la altura del bloque.

Para un acondicionamiento, es recomendable una vez se llegue a TD circular a limpio y empezar a sacar y meter la sarta sin rotaria, solo utilizarla cuando el hueco así lo pida. Ahora bien, tanto la perforación como el acondicionamiento se hicieron con un caudal de bomba de 450 gpm, lo que genera una velocidad anular de:

$$V_a = \frac{24.5 Q}{D_h^2 - OD_{DP}^2} = \frac{24.5 * 450}{36^2 - 5.875^2} = 8.74 \text{ ft/min}$$

El caudal manejado en el momento pudo ser demasiado bajo para cumplir con la limpieza adecuada del hueco.

Figura 9 Drilling Data Plot Fase 36" Pozo Yopal 3



Fuente: Equión Energía Limited

- **Corrida Casing de 30” (234.3 Lb/ft, Grado B, Conexión ST2)**

La corrida Casing de 30” inicio el 13 de enero de 2012 a las 22:30 horas y finalizó el 14 de enero de 2012 a las 23:59, para un total de 25.5 horas. A 127 ft se sentó casing de 30” de 234.4 lb/ft compuesto por un zapato con válvula flotadora y dos juntas de conexión ST-2 Vetco. Debido a una restricción encontrada a 90 ft mientras se corría el revestimiento fue necesario sacarlo y realizar un viaje con un ensanchador de 42”, lo referente a éste viaje adicional se estudiara con más detalle en el análisis de las operaciones no planeadas. Durante toda la corrida se tuvo en sitio el técnico experto en conexiones ST-2 Vetco, una buena práctica para el aseguramiento de la operación.

- **Cementación Casing de 30”**

La cementación del casing de 30” inició el 15 de enero de 2012 a las 00:00 horas y finalizó el mismo día a las 08:30 horas.

El diseño original de volúmenes de cemento fue basado en un hueco abierto estimado de 36” más un exceso del 100%, sin embargo debido al ensanchamiento del hueco, se vio la necesidad de rediseñar los volúmenes esta vez para un hueco teórico de 42” más el 100% de exceso.

El diseño se hizo para una sola lechada de 16 ppg para cubrir desde el zapato hasta la superficie y 20 ft por dentro del casing de 30” como “shoe track”. Así mismo, el diseño incluía el uso de 60 Bbl de agua fresca como pre flujo para prevenir la contaminación entre el lodo y el cemento, así como para mejorar la adherencia del mismo. El trabajo se llevó a cabo sin problemas y de acuerdo a la secuencia planeada.

La unidad de cementación de Baker bombeó un total de 162 Bbl de lechada de cemento con densidad de 16 ppg, la tasa promedio de bombeo fue de 3.7 bpm. El desplazamiento se hizo con 4.5 Bbl de lodo base agua, los cuales se bombearon con la misma unidad de cementación.

Cuando se habían bombeado 87 Bbl se empezó a tener cemento contaminado en superficie de 9.7 ppg, después cuando la densidad a la salida alcanzó un valor de 15.4 ppg se inició el desplazamiento.

Tabla 51 Cementing Report Fase 36” Pozo Yopal 3

WELL DATA			
Previous Casing Size (in): 44	Weight (lb/ft):	Shoe (ft): 5	
Bit Size (in): 36" / 42"			
Casing 1: Interval :43 –127 ft	OD (in): 30"	Weight (lb/ft): 234.3	
Casing 2: Interval	OD (in):	Weight (lb/ft):	
Float Collar Depth (ft): Not Used	Liner Hanger (ft):	Shoe (ft): 127	
Average OH Diameter (in): 42		Excess on OH Volume (%): 100%	
OH Measured by: ESTIMATED		Planned TOC (ft): 44	
SPACER DETAILS			
	Spacer Type	Weight (ppg)	Volume (bbl)
Spacer 1(Ahead of cement)	Water	8.34	60
Spacer 2(Behind cement)			
PROGRAMMED SLURRY DETAILS			
Cement Class G	Dyckerhoff 1760		
Yield (cuft/sk)	1.12		
Water (gal/sk) Filtered Well Site	4.77		
Slurry Weight (ppg)	16		
Thickening Time (Hrs : Min)	3:00		
Additive 1	Conc:	Units: %	
Additive 2: FP-6L	Conc: 0.01	Units: gal/sk	
Additive 3: A-7	Conc: 1.0	Units: %	
CEMENT DISPLACEMENT DETAILS			
Circulation Prior to Cementing (bbl): 200	Rate (bbl/min): 4	Pressure (psi): 40	
Losses Running & Circulating Casing (bbbls): No			
Volume Cement (bbbls)	Lead Cement Slurry: 162	Tail Cement Slurry:	
Average Mixing Rate (bpm)	Lead Cement Slurry: 3.7	Tail Cement Slurry:	
Displacement Fluid: Water		Weight (ppg): 8.4	
Displacement Method: cementing unit pumps	Efficiency (%):		
Displacement Volume 1 (bbl): 4.5	Displacement Rate 1 (bbl/min): 2.5		
Displacement Volume 2 (bbl):	Displacement Rate 2 (bbl/min):		
Displacement Volume 3 (bbl):	Displacement Rate 3 (bbl/min):		
Reciprocation: No	Stroke (ft):	Rotation: No	R.P.M.
Volume mud left in annulus (bbl): 0	Inhibitor Added: No	Inhibitor added to Spacer: No	
TOTAL VOLUME PUMPED: WATER + CEMENT + MUD = <input type="text" value="227"/> (BBL)			
TOTAL RETURNS : <input type="text" value="227"/> (BBL)			
TIME TO ADD CEMENT BATCH MIXER : <input type="text"/> (HRS)			

Fuente: Equión Energía Limited

Una vez hecho el desplazamiento las bombas se apagaron y se observó una presión remanente de 60 psi, el flujo de retorno en la unidad de cementación “Backflow” fue de 0 Bbl.

• **Instalación del 30” Bell Nipple y de la Cabeza Rotativa (RCD)**

La instalación del Bell Nipple inició el 15 de enero a las 8:30 horas y finalizó el mismo día a las 14:30 horas, en este momento inició la instalación de la cabeza rotativa que finalizó el 15 de enero a las 18:00 horas, para un tiempo total en las dos actividades de 9.5 horas.

• **Drill Out del cemento**

Ésta actividad inició el 15 de enero a las 18:00 horas y finalizó el 18 de enero a las 9:00 horas, para un total de 63 horas.

Se corrió BHA # 3, con broca tricónica HYCALOG de 26” para realizar el drill out del cemento. Se encontró el tope a 102 ft, y se perforó cemento desde 102 ft hasta 125 ft con un WOB de 5 – 8 Klbs, luego se continuó perforando el zapato del casing hasta 127 ft.

En esta actividad se ve involucrado un tiempo bastante largo debido a que antes de empezar el arme del BHA para el drill out y posterior perforación de la fase de 26”, se hicieron algunas actividades adicionales que se relacionan a continuación.

1. Se paró tubería, HWDP y DC en la torre (14.25 horas).
2. Soldadura de líneas del Bell Nipple y RCD al separador (16 horas).

3. Se probó el equipo de aire de Weatherford (3 horas).

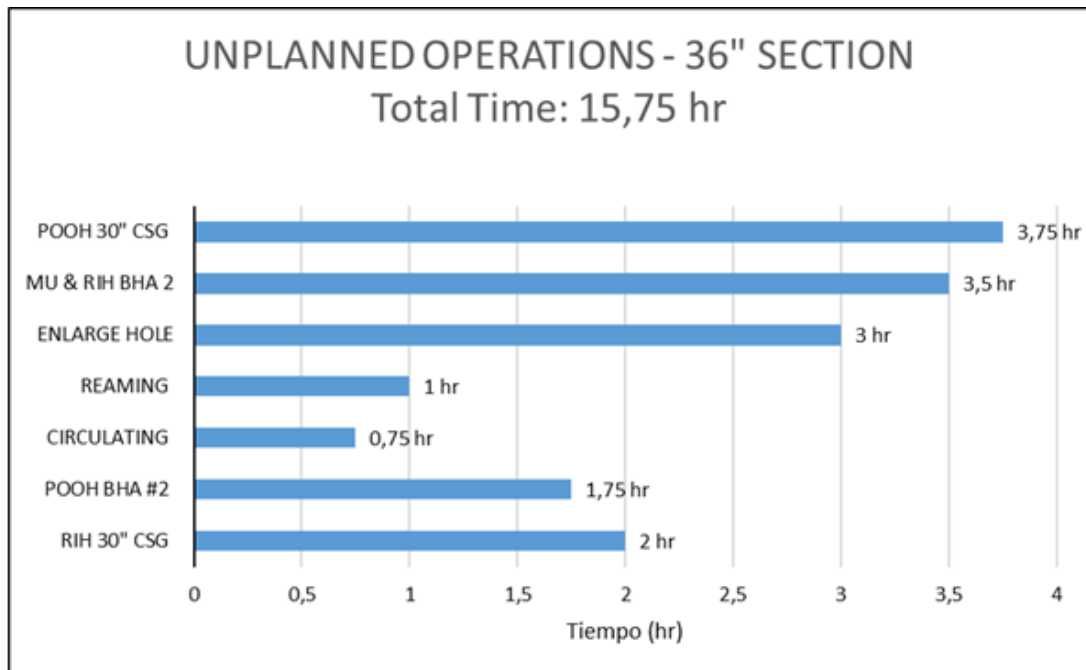
Tabla 52 . Información BHA #3 para Drill Out Fase 36” Pozo Yopal 3

Hole Size (inches)	BHA Number	Bit Number	BHA COMPONENTS	MD in (ft)	MD out (ft)	Time in hole			Mud information			
						Circulating Time (hrs)	On Bottom Time (hrs)	String Rotating Time (hrs)	Mud Type	Plastic Visc (cp)	Yield Point	MW (ppg)
26"	3	2	Tri Cone Bit - 3 x MWD - SSTB - 9 1/2 DC - 8 DC - Jar - 8 DC - HWDP	134	1144	142,1	115,7	113,7	WBM	16	27	8,8

Fuente: Equión Energía Limited

3.3.1.4 Análisis de operaciones no planeadas – problemas operacionales

Grafica 17 Análisis gráfico de las operaciones NO planeadas Fase 36” Pozo Yopal 3



Datos: Equion Energía Limited

RESTRICCIÓN (15,75 hr): Cuando se estaba bajando el casing de 30” se presentó una restricción a 90 ft, la cual impidió la continuación de la actividad, fue

necesario sacar el revestimiento corrido hasta el momento, y realizar un viaje de un nuevo BHA con ensanchador de 42”.

A continuación se presenta la secuencia detallada de las actividades realizadas una vez se decide sacar el casing de 30”.

1. Se circuló con 150 gpm y 50 psi y se sacó Casing de 30” (3.75 horas).
2. Se acondicionó el equipo en superficie para el manejo adecuado de los componentes del BHA (3,5 horas).
3. Se armó y se corrió BHA # 2, ensanchando el hueco de 36” a 42” (3 horas).
4. Se hizo Reaming y Backreaming desde 46 ft hasta 134 ft (1 hora).
5. Se bombearon 100 Bbl de píldora viscosa (0.75 horas).
6. Se sacó BHA #2 a superficie (1.75 horas).
7. Se corrió nuevamente el casing de 30” (2 horas).

Las actividades anteriores suman en total 15.75 horas que fue el tiempo reportado como actividades no planeadas en la fase de 36”, a continuación se presentan estos números de forma gráfica, tanto en porcentaje como en valor de horas de cada una.

Este evento consumió el 12% total de la fase de 36”, y fue prácticamente el único problema que se tuvo durante el desarrollo de la misma, si bien existen otros

puntos de optimización, éste puede considerarse una de las más importantes lecciones aprendidas que dejó el Pozo Yopal 3 en esta sección.

Una de las formas de evitar que se vuelva a repetir este evento es correr el ensanchador desde el inicio de la perforación de la fase de 36" o realizando un acondicionamiento en donde se haga Reaming y Backreaming solo si el pozo así lo requiere, es decir, que se llegue a TD y se saque sin rotaria y luego se corra sin rotaria, solo rimando si se observa algún tipo de tensión (O/P) o arrastre (S/O).

3.3.1.5 Análisis “downtime” – pérdida de tiempo por daño en equipos: En esta sección no se presentó pérdida de tiempo por daños en equipos.

3.3.1.6 Lecciones y posibles mejoras de la sección de 36”.

- Es importante contar con un técnico en sitio como soporte para la corrida del Casing.
- Se hace necesario analizar la causa de la restricción a 90 ft al momento de bajar el Casing de 30”, puede atribuirse a presencia de Boulders soportándose en las vibraciones que se dieron durante la perforación.
- Se debe considerar la posibilidad de bajar con ensanchador desde la primera corrida para evitar el problema al correr el casing, aunque se debe hacer un análisis económico del tiempo del viaje adicional y los gastos del ensanchador así como los volúmenes adicionales de lodo y cemento para perforar ya no una fase de 36” si no de 42”.

- Es importante considerar una re-evaluación del procedimiento para acondicionar el hueco, es recomendable si ya se ha logrado una estabilización del mismo no hacer operaciones de Backreaming si no lo requiere.
- El registro de parámetros de perforación son una herramienta importante para realizar el análisis de las operaciones e identificar posibles mejoras, por lo tanto es importante hacer un control de calidad para asegurar que dicha información este completa.
- Se debe analizar si el caudal que se utilizó para este tamaño de hueco si asegura una limpieza del mismo, es decir, si se está minimizando el riesgo de pega de tubería.

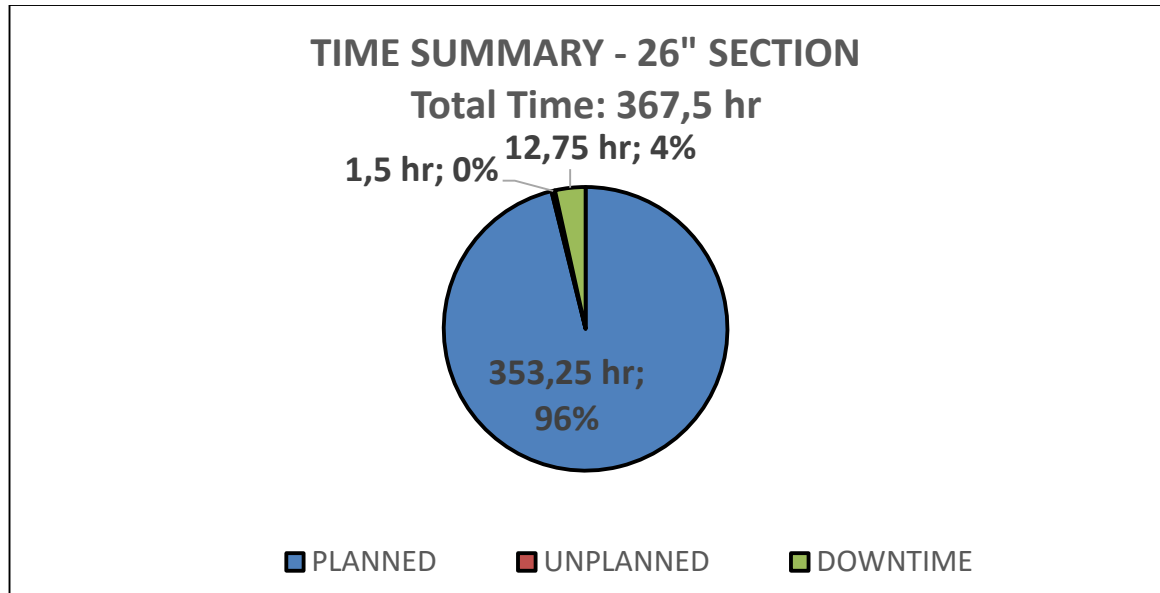
3.3.2 Análisis fase de 26” – hueco de superficie

3.3.2.1 Período analizado: Este análisis incluye todas las actividades realizadas desde el inicio de la perforación del primer pie de 26” el 18 de Enero de 2012 a las 09:00 horas y finaliza con las actividades relacionadas con las pruebas de integridad de formación el 2 de Febrero de 2012 a las 16:30 horas, para un total de 367.5 horas analizadas.

3.3.2.2 Análisis Tiempos de la Sección: En términos generales en el 96% del tiempo se llevaron a cabo operaciones planeadas. El 4% restante se consumió en operaciones no planeadas y Downtime.

Ésta pérdida de tiempo se debió principalmente a algunos eventos de Stall out y conexiones sobretorqueadas. Así mismo se tuvo problemas al momento de realizar una conexión del casing debido a una pérdida de alineación del Top Drive.

Grafica 18 Distribución de tiempo en la sección de 26" Pozo Yopal 3



Datos: Equion Energía Limited

Como lo presenta la gráfica anterior se gastaron un total de 353.25 horas (14.7 días) en operaciones planeadas, 1.5 horas (0.06 días) en operaciones no planeadas y 12.75 horas (0.53 días) en operaciones Downtime.

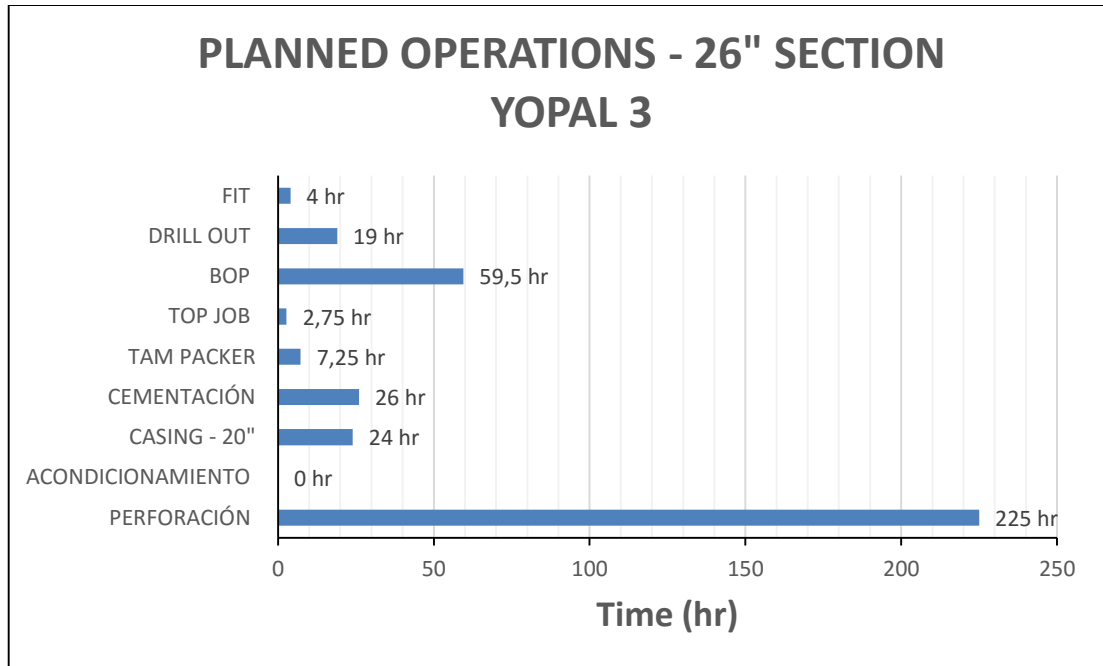
A continuación se relaciona un análisis detallado de las operaciones antes mencionadas.

3.3.2.3 Análisis de operaciones planeadas

- **Análisis gráfico distribución de tiempo – operaciones planeadas**

A continuación se presenta un análisis gráfico de las operaciones planeadas que se ejecutaron durante la fase de 26".

Grafica 19. Análisis gráfico de las operaciones planeadas Fase 26" Pozo Yopal 3



Datos: Equión Energía Limited

• Perforación hueco de 26”:

La Perforación del hueco de 26” inició el 18 de Enero de 2012 a las 09:00 y finalizó de forma anticipada el 27 de Enero de 2015 a las 18:00, para un total de 225 horas.

Se perforaron 360 ft (134 ft – 494 ft) de la formación Guayabo y 666 ft (494 ft – 1160 ft) de la formación Charte. Para un total de 1026 ft en MD, es decir, en una trayectoria vertical. Para ésta sección se utilizaron dos BHAs, que serán descritos más adelante.

Esta sección se perforo con dos tipos de fluidos, de 134 ft a 147 ft se utilizó un fluido polimérico a base agua y de 147 ft a 1160 ft se utilizó un fluido a base agua con cierto porcentaje de aire.

Durante la perforación se evidenciaron algunos eventos de Stall out y conexiones sobretorqueadas, así mismo se presentaron dos eventos de influjo, el primero a 692 ft y el segundo a 1097 ft.

A demás, entre 395 ft y 547 ft hubo dos eventos de pérdidas totales de circulación, específicamente en un conglomerado de matriz arenosa que tiene una longitud de 75 ft dentro de la formación Guayabo y que durante la perforación presentó altas vibraciones.

A 1,216 ft se empezaron a evidenciar presencia de burbujas en el contrapozo, lo que provocó la finalización anticipada de la fase.

• **Parámetros mecánicos, hidráulicos y ROP.**

En esta sección se trabajaron los parámetros presentados en la siguiente tabla, los cuales fueron leídos directamente del DataLog adjunto en el anexo A:

Tabla 53. Rangos parámetros hidráulicos, mecánicos y ROP Fase 26” Pozo Yopal 3

Parámetro	Rango
RPM	40-120
WOB	5 - 25 Klbf
ROP	10 - 40 ft/hr
Torque	5 – 15 Kft-lb
Caudal de bomba	400 – 600 gpm
Presión	300 - 1000 psi

Datos: Equión Energía Limited

• **Brocas Utilizadas**

Tabla 54. Bit Record Fase 26” Pozo Yopal 3

Size	Bit Number	Reference	Type	Footage (ft)	Depth in (ft)	Depth out (ft)	Min WOB (klb)	Max WOB (klb)	Average ROP (fph)	Mud Weight	Dull Grading	Manufacturer
26"	2	T11	Tricone	445	135	1143	4	30	8,6	8,7	0-1-WT-M-E-I-ER-TQ	NOV
				563								
	3	XR J3PCS	Tricone	73	1143	1216	20	25	13,5	8,6	0-0-WT-A-E-I-NO-TD	Smith

Fuente: Equión Energía Limited

• **BHA**

Para esta sección se usaron dos BHA, uno para perforar el intervalo de 126 ft a 1,143 ft y otro para el terminar la sección de 1,143 ft a 1,216 ft. El segundo BHA a diferencia del primero llevó Motor.

Tabla 55 BHA Record Fase 26”Pozo Yopal 3

Hole Size (inches)	BHA Number	Bit Number	BHA COMPONENTS	MD in (ft)	MD out (ft)	Time in hole			Mud information			
						Circulating Time (hrs)	On Bottom Time (hrs)	String Rotating Time (hrs)	Mud Type	Plastic Visc (cp)	Yield Point	MW (ppg)
26"	3	2	Tri Cone Bit - 3 x MWD - SSTB - 9 1/2 DC - 8 DC - Jar - 8 DC - HWDP	134	1144	142,1	115,7	113,7	WBM	16	27	8,8
	4	3	Tri Cone Bit - Motor - 3 x MWD - SSTB - 9 1/2 DC - 8 DC - Jar - 8 DC - HWDP	1144	1216	12,1	5,3	5,4	WBM	11	13	8,8

Fuente: Equión Energía Limited

BHA # 3: se armó con broca # 2. Se corrió desde superficie hasta 102 ft (TOC). Se perforó cemento hasta 125 ft. Se bombearon 60 Bbl de píldora viscosa para limpiar el hueco. Se continuó perforando el zapato del casing de 30” hasta 127 ft y luego se avanzó hasta 134 ft. A 146 ft mientras se atravesaba Guayabo, se observaron pérdidas de fluido de 530 bph, para contrarrestar se bombean 60 Bbl de píldora con material para el control de pérdidas sin que se viera alguna mejoría.

Se decide empezar con la inyección de aire a una tasa de 200 scfm y 250 gpm de lodo (100 psi). Por último se ajustó la tasa de inyección de aire gradualmente a 700 scfm y 350 gpm de lodo, en donde se estabilizaron las pérdidas por debajo de 50 bph. En 203 ft se bombearon 100 Bbl de píldora viscosa para limpiar el hueco. En 225 ft se intentó reducir el ECD y mejorar la limpieza del hueco por medio del incremento de la tasa de inyección de aire de 850 a 900 scfm y 425 gpm, el ECD bajó de 5 a 4.7 y se tuvieron pérdidas de 370 bph mientras se ajustaban parámetros. Se presentaron dos eventos de influjo (692 ft y 1097 ft). En 1134 ft se bombearon y desplazaron 45 Bbl de píldora slug. En 1144 ft se bombearon 150 Bbl de píldora slug. Se sacó el BHA a superficie y se quebraron las herramientas direccionales y la broca.

BHA # 4: Se armó con broca # 3. Se corrió desde superficie hasta 1053 ft (TOC). Se rimó desde 1053 ft hasta 1143 ft. Se continuó la perforación del hueco de 26" con lodo aireado y motor desde 1143 ft hasta 1187 ft. Se levantó la sarta y se bombearon 40 Bbl de píldora viscosa. Se continuó perforando desde 1187 ft hasta 1216 ft. Se observaron burbujas en el Cellar (Contrapozo). Se detiene la inyección de aire y se bombea lodo por 20 minutos. Se hizo reunión para discutir el plan a seguir, se decidió sacar a superficie.

• Formaciones Perforadas:

Durante la sección de 26" del pozo se atravesó la formación Guayabo y Charte. El intervalo perforado de Guayabo, así como en la sección anterior, está compuesto principalmente en la parte superior por areniscas conglomeradas y se evidencian también Siltstone y trazas de Chert en menor proporción.

Guayabo en esta sección fue perforada con una broca tricónica de 26" y se manejaron en promedio los siguientes parámetros:

Tabla 56 Parámetros promedios de perforación formación Guayabo Fase 26" Pozo Yopal 3

MODE	ROP (ft/jhr)	WOB (Klbs)	RPM	TORQUE	SPP	FLOW IN (gpm)	MW (ppg)	ECD (ppg)	CAVING (Bbl/hr)
Rotating BIT # 2 (134' - 460')	10.56	4.0-30	30 - 150	0 - 4	110 - 760	150 - 470	8.7 - 8.9	9.05	0

Fuente: Equión Energía Limited

A continuación se presentan los gases asociados a esta formación:

Tabla 57 Gases asociados a la formación Guayabo durante perforación Fase 26" Pozo Yopal 3

Picos de Gas	Total Gas %	C1	C2	C3	IC4	NC4	IC5	NC5
		Ppm						
BGG	0.04	4	0	0	0	0	0	0

Fuente: Equión Energía Limited

El intervalo perforado de Charte está caracterizado por ser una secuencia de intercalaciones de arenisca y limolita con alguna presencia de lodolita. Ésta formación contiene facies lodosas de la formación por encima de ella, por lo tanto, en la parte más profunda se caracteriza por la presencia de intercalaciones de arenisca y limolita. El color de Charte se decolora entre un gris rojizo y un gris verdoso.

No se observaron cavings mientras se perforaba esta formación, solo se evidenciaron pequeños cortes asociados a la perforación con fluido aireado. Ésta formación fue perforada en esta sección por dos brocas de 26", cuyos parámetros promedios se presentan en la siguiente tabla:

Tabla 58 Parámetros promedios de perforación formación Charte Fase 26” Pozo Yopal 3

MODE	ROP (ft/jhr)	WOB (Klbs)	RPM	TORQUE	SPP	FLOW IN (gpm)	MW (ppg)	ECD (ppg)	CAVING (Bbl/hr)
Rotating BIT # 2 (460' - 1144')	22.3	4.0 - 30	30 - 150	0 - 4	110 - 760	150 - 470	8.7 - 8.9	9	0.8
Rotating BIT # 3 (1144' - 1216')	13.3	20 - 25	80 - 90	12.0 - 15.0	500 - 900	500 - 750	8.8	8.9	0.8

Fuente: Equión Energía Limited

La primer broca perforo 684 ft en modo de rotación, el tiempo promedio para éste intervalo fue de 51.3 horas. La segunda broca perforo 72 ft en modo de rotación, el tiempo en fondo fue de 5.4 horas, éste último BHA llevaba un motor. A continuación se presentan los gases asociados a esta formación:

Tabla 59 Gases asociados a formación Charte durante perforación Fase 26” Pozo Yopal 3

	Total Gas	C1	C2	C3	iC4	nC4	iC5	n C5
Gas Peaks	%	Ppm						
BGG 460' - 1200'	0.02	2	0	0	0	0	0	0

Fuente: Equión Energía Limited

• Trayectoria hueco de 26”

Trayectoria vertical, máxima desviación 0.97° a 577 ft. A continuación se relacionan los surveys tomados en esta sección:

Tabla 60 Surveys fase 26” Pozo Yopal 3

Comments	MD (ft)	Incl (°)	Azim Grid (°)	TVD (ft)	VSEC (ft)	NS (ft)	EW (ft)	DLS (°/100ft)
	158,00	0,40	157,38	157,99	-1,13	-1,13	0,47	0,26
	182,00	0,53	162,34	181,99	-1,32	-1,32	0,54	0,57
	210,00	0,39	131,99	209,99	-1,50	-1,50	0,65	0,99
	247,00	0,45	67,51	246,99	-1,53	-1,53	0,88	1,22
	278,00	0,12	106,99	277,99	-1,50	-1,50	1,02	1,18
	329,00	0,61	47,82	328,99	-1,33	-1,33	1,27	1,09
	361,00	0,41	58,65	360,99	-1,15	-1,15	1,50	0,69
	405,00	0,31	52,02	404,99	-1,00	-1,00	1,72	0,25
	449,00	0,45	27,90	448,99	-0,77	-0,77	1,90	0,48
	536,00	0,88	24,52	535,98	0,14	0,14	2,34	0,50
	577,00	0,97	26,88	576,98	0,73	0,73	2,62	0,24
	631,00	0,93	30,99	630,97	1,52	1,52	3,06	0,15
	726,00	0,69	6,55	725,96	2,74	2,74	3,52	0,44
	822,00	0,50	331,91	821,95	3,69	3,69	3,39	0,41
	902,00	0,41	286,16	901,95	4,08	4,08	2,95	0,45
	997,00	0,62	268,49	996,95	4,16	4,16	2,11	0,27
	1049,00	0,49	271,15	1048,95	4,15	4,15	1,60	0,25
	1089,00	0,59	282,44	1088,94	4,20	4,20	1,23	0,36
	1156,00	0,80	307,44	1155,94	4,56	4,56	0,52	0,54
20in Csg	1203,00	0,59	302,94	1202,94	4,89	4,89	0,06	0,46

Fuente: Equión Energía Limited

• Lodo Hueco de 26”

Durante la perforación del hueco de 26” se utilizó un sistema de lodo “POLYMER WBM” de 134 ft hasta 147 ft manejado por la compañía Halliburton Baroid Fluid Systems, con los productos químicos y concentraciones que se relacionan a continuación. En 147 ft se empezaron a tener pérdidas masivas de fluido, razón por la cual se decide empezar a inyectar aire al sistema de lodo.

Propiedades del Lodo Hueco de 26”

Se trabajó con lodo POLYMER WBM en combinación con la inyección de aire, con el propósito de controlar las pérdidas del fluido hacia la formación. Se observaron pérdidas en promedio de 42 Bbl/hr. Se añadieron BARACOR 100 para el control

de la corrosión, BARAFILM (Concentración BARAFILM – DIESEL: 1:6) en cada elemento de la sarta como prevención al mismo riesgo y BARADEFOAM y Estearato de aluminio para evitar la formación de espumas. Para ayudar al control de pérdidas se bombearon píldoras LCM, sin resultados exitosos, por el contrario éste material causo taponamientos en el equipo de control de sólidos.

Tabla 61 Propiedades del lodo Hueco de 26” Pozo Yopal 3

Propiedades	Programado		Actual	
	Mín	Máx	Mín	Máx
Densidad, ppg	8.4	9.4	8.5	8.9
Viscosidad	45	80	38	62
PV a 120 F, cP	15	40	10	17
YP, lb/100 ft ²	15	35	13	28
Geles, lb/100 ft ²	Non-Progressive		6/9/12	10/19/22
Filtrado API, cc		10	8	12
Torta, 1/32"		1		1
pH	8.5	9.5	10	11
Ca, ppm	80	120	40	140
Arena %		0.5	0.2	0.3
MBT, ppb		22.5	12.5	17.5

Fuente: Equión Energía Limited

Tabla 62. Volumen de Lodo Fase de 26” Pozo Yopal 3

Volumen (bbls)		Programmed	Actual
Additions	Total Fluid Received & Conditioned	-	
	Mud from previous section	-	
	New mud built	16,623.00	11,626.50
	Total volume used on section	16,623.00	11,626.00
Losses	Down-hole	3,000.00	10,155.00
	SCE & Miscellaneous	-	940.30
	Dumped at Interval End	-	-
	Transferred Out	-	
	Total Losses	3,000.00	11,095.30

Datos: Equión Energía Limited

Para la limpieza del hueco se bombearon píldoras viscosas cada 45 ft, cada vez que se hacía este procedimiento se veía un aumento en la carga hidrostática y como consecuencia en la ECD, lo que se traducía en un incremento de las pérdidas hasta que la píldora retornaba a superficie.

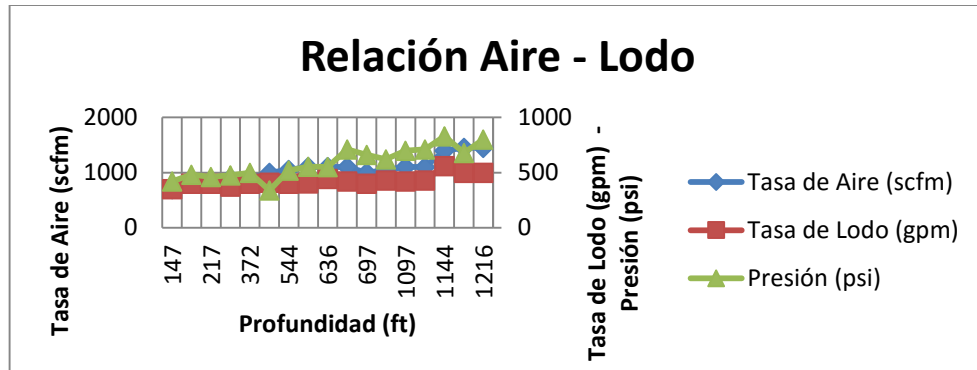
Respecto a la ROP se evidenció que afectaba directamente la ECD, ya que a valores mayores a 10 ft/hr se incrementaba la carga de cortes haciendo necesario el uso de píldoras de limpieza. A continuación se relaciona el manejo dado a la inyección de aire durante la perforación:

Tabla 63 Tasas de aire y lodo durante la perforación Fase 26” Pozo Yopal 3

Profundidad (ft)	Tasa de Aire (scfm)	Tasa de Lodo (gpm)	Presión (psi)
147	700	350	420
170	800	400	480
217	850	400	460
298	900	375	475
372	900	400	500
476	1000	410	340
544	1050	400	520
583	1100	403	555
636	1100	444	550
696	1100	420	710
697	1000	400	660
702	1050	430	620
1097	1100	420	700
1136	1100	430	710
1144	1400	560	830
1177	1450	500	680
1216	1450	500	800

Fuente: Equión Energía Limited

Grafica 20 Relación aire-lodo perforación Fase 26” Pozo Yopal 3



Datos: Equion Energía Limited

En la tabla y gráfica anteriores se puede evidenciar la secuencia de tasas de aire y de lodo que fueron utilizadas para la perforación del intervalo de 26” en el Pozo Yopal 3.

Básicamente se manejaron tasas de aire entre 700 – 1450 scfm y tasas de lodo entre 350 – 500 gpm. Con éstas combinaciones se tuvieron presiones entre 420 – 800 psi.

Para mitigar la posible corrosión como consecuencia de la inyección de aire, entre otras medidas se instalaron dos cupones de corrosión con tiempos de exposición de 75.5 y 18 hr respectivamente.

Eventos de pérdidas de Circulación:

Durante la perforación de ésta sección se tuvieron dos eventos de pérdidas de circulación (395 ft y 547 ft). Específicamente en un conglomerado de matriz arenosa que tiene una longitud de 75 ft dentro de la formación Guayabo y que durante la perforación presentó altas vibraciones.

El procedimiento para controlar las pérdidas fue el siguiente:

1. Se levantó y se reciprocó la sarta para evaluar el comportamiento de los parámetros.
2. Se incrementó a 1000 scfm la tasa de inyección de aire manteniendo constante el caudal de la bomba.
3. Se dejó circular un ciclo monitoreando los retornos en las Shakers.
4. Se continuó perforando, las pérdidas continuaban por alrededor de 70 Bbl/hr.
5. Se disminuyó el caudal de la bomba a 410 gpm, se redujeron pérdidas. (ECD: 5.31 ppg)

Durante el control de pérdidas se observó que la presión en el Stand Pipe era dependiente de la combinación de bombas con las que se trabajara, así:

Tabla 64 Presión Stand Pipe durante control de pérdidas Fase 26” Pozo Yopal 3

BOMBA 1	BOMBA 2	BOMBA 3	Presión (psi)
X	X		339
X		X	239

Datos: Equion Energía Limited

Se hizo una revisión a las bombas y se observó que el material para el control de pérdidas (LCM) estaba taponando los filtros de la bomba 3, lo que traduce en una inyección no adecuada del lodo al sistema y por tanto en una variación constante en la ECD. Por ésta razón se suspendió el uso de material (LCM) y se estabilizó la

ECD, lo que permitió seguir perforando con pérdidas controladas y retornos normales en el equipo de control de sólidos. Los parámetros que se obtuvieron en este punto fueron los siguientes:

- Q inyección de aire: 1000 scfm
- ECD: 5.7 ppg
- Presión de Cabeza: 12 psi
- Caudal de Bomba: 410 gpm

Eventos de Influjo:

El primer evento de influjo se obtuvo a 692 ft, en donde se observó un incremento en la presión de aproximadamente 250 psi ocasionado por una carga adicional en el anular e incrementando la ECD de 5.9 a 6.15 ppg, el volumen total ganado en los tanques fue de 58 Bbl en 30 minutos. Los parámetros que se tenían fueron:

- Q Bomba: 420 gpm.
- Q inyección de aire: 1100 scfm.
- Presión: 500 psi (Subió a 710 al momento del influjo).
- ECD: 6.1 ppg (Cayó a 5.87 al momento del influjo).
- ROP: 5 fph.

El procedimiento para controlar el influjo fue el siguiente:

1. Se aumentó el caudal de la bomba a 440 gpm y se disminuyó la inyección de aire de 1,100 scfm a 1,000 scfm.
2. Se circuló un ciclo, al final del cual se empezó a tener una densidad del lodo estabilizándose en 8.4 ppg.

3. Se tenían pérdidas de fluido por lo que se disminuyó el caudal de la bomba a 420 gpm.
4. Se observó el comportamiento de los parámetros.
5. Se decidió volver a incrementar el caudal de inyección de aire a 1,050 scfm, para obtener un ECD de 6 ppg.

Luego de controlado el influjo se continuó perforando con los siguientes parámetros:

- Q Bomba: 420 gpm.
- Q inyección de aire: 1,050 scfm.
- Presión: 660 psi.
- ECD: 6.1 – 6.3 ppg.
- Pérdidas de fluido: 40 – 60 Bbl /hr.

El segundo evento de influjo se obtuvo a 1,097 ft, durante el avance en la formación Charte. Se empezó a observar un aumento en el volumen de fluido en los tanques, la ECD cayó de 6.31 a 5.9 ppg. Los parámetros que se venían manejando fueron:

- Q Bomba: 460 gpm.
- Q inyección de aire: 1100 scfm.
- Presión: 580 psi.
- ECD: 6.49 ppg.
- WOB: 15 – 30 Klbs.
- ROP: 11 fph.

El procedimiento para controlar el influjo fue el siguiente:

1. Se disminuyó el caudal de inyección de aire de 1100 scfm a 1000 scfm durante 10 min, tiempo después del cual se disminuyó nuevamente a 900 scfm. (EDC máximo 6.95 cuando el influjo se tuvo controlado).
2. El caudal de lodo solo se modificó hacia el final del evento disminuyéndolo de 460 a 425 gpm, para tratar de retornar el ECD a 6.35 ppg.

Propiedades del Lodo Hueco de 26”

Las pérdidas obtenidas durante la sección se presentan en la siguiente gráfica:

Gráfica 21 Pérdidas de lodo Fase 26” Pozo Yopal 3



Fuente: Equión Energía Limited

- **Acondicionamiento del hueco para revestir**

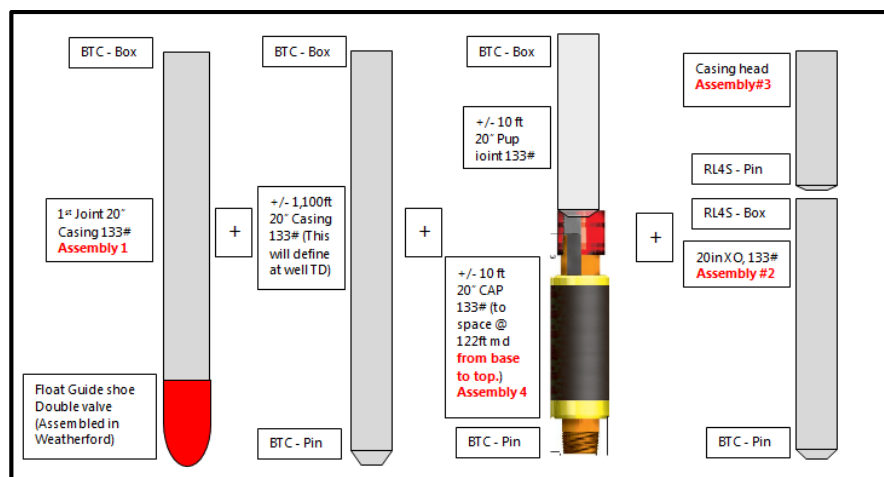
Cuando se estaba perforando a la profundidad de 1,216 ft se empezaron a evidenciar burbujas en el contrapozo por lo que se tomó la decisión de cortar la inyección de aire y terminar la fase de manera anticipada (el plan era perforar hasta 3000 ft).

Una vez se suspende la inyección de aire se circula lodo por 20 minutos, se levanta la sarta y se reciproca una longitud de 20 ft.

Finalmente se empieza a sacar en elevadores hasta superficie. Por lo descrito anteriormente se puede evidenciar que el hueco de 26" no tuvo un acondicionamiento antes de que se bajara el casing de 20".

- **Corrida Casing de 20" (K-55, 133 Lb/ft, Conexión Buttress).**

Figura 10 Esquema casing Fase 26" Pozo Yopal 3



Fuente: Equión Energía Limited

La corrida Casing de 20" inicio el 27 de enero de 2012 a las 18:00 horas y finalizó el 28 de enero de 2012 a las 18:00, para un total de 24 horas.

A 1,203 ft se sentó casing de 20" de 133 lb/ft con conexiones Buttress. Se aplicó Bakerlok en cada conexión y el torque aplicado fue aproximadamente de 25 K-Lbs/ft. Durante la operación se bajó llenando cada junta con 120 stks, el tiempo cuña a cuña fue de 3 min en promedio.

En el casing se bajó un Casing Annular Packer, espaciado de tal manera que su ubicación final fuera entre el anular del casing de 30" y el de 20", y con el objetivo de dar aseguramiento a la operación de cementación.

Básicamente el único problema que se tuvo durante la corrida del casing de 20" se dio al momento de realizar la conexión de la junta # 11, ya que hubo una desalineación del top drive con la junta en cuestión. El tiempo gastado en esta conexión fue de 1.75 horas.

- **Cementación Casing de 20"**

La cementación del casing de 20" inició el 28 de enero de 2012 a las 18:00 horas y finalizó el 30 de enero de 2012 6:00 horas, para un total de 36 horas. El diseño original de volúmenes de cemento fue basado en un hueco abierto estimado de 26" más un exceso del 100%, el diseño fue para una cola de cemento de 16 ppg para cubrir 500 ft del fondo, 40 ft como Shoe Track y 13 ft adicionales como Rat Hole. Y por último se diseñó una lechada principal de 13.5 ppg con material de LCM para cubrir hasta superficie. Éste diseño también incluyó 100 Bbl de agua como pre-flujo. El trabajo se ejecutó sin problemas de acuerdo a la secuencia operacional planeada. El bombeo se llevó a cabo con la unidad de Baker con una tasa promedio de 4.0 bpm y 250-550 psi.

Tabla 65 Cementing Report Fase 26” Pozo Yopal 3

WELL DATA			
Previous Casing Size (in): 30	Weight (lb/ft):	Shoe (ft): 127	
Bit Size (in): 26"			
Casing 1: Interval :0 –1216 ft	OD (in): 20"	Weight (lb/ft): 133	
Casing 2: Interval	OD (in):	Weight (lb/ft):	
Float Collar Depth (ft): Not Used	Liner Hanger (ft):	Shoe (ft): 1203	
Average OH Diameter (in): 26	Excess on OH Volume (%): 100%		
OH Measured by: ESTIMATED	Planned TOC (ft): 44		
SPACER DETAILS			
	Spacer Type	Weight (ppg)	Volume (bbl)
Spacer 1(Ahead of cement)	Water	8.34	100
Spacer 2(Behind cement)			
PROGRAMMED SLURRY DETAILS			
	Filler Slurry	Tail Slurry	
Cement Class G	Dyckerhoff	Dyckerhoff	
Yield (cuft/sk)	1.70	1.12	
Water (gal/sk) Filtered Well Site	8.67	4.77	
Slurry Weight (ppg)	13.5	16	
Thickening Time (Hrs : Min)	7:25	2:30	
Additive 1 CD- Ultra	Conc: 0.0 units : gal/sk		
Additive 2: FP-6L	Conc: 0.02 units : gal/sk	Conc: 0.01 units : gal/sk	
Additive 3: A-7	Conc: 0.3 units: %	Conc: 0.5 units: %	
Additive 4: A-3L	Conc: 0.35 units: gal/sk		
Additive 5: R-3	Conc: 0.65 units: %		
Additive 6: FL-54	Conc: 0.22 units: %	Conc: 0.07 units: %	
CEMENT DISPLACEMENT DETAILS			
Circulation Prior to Cementing (bbl): 200	Rate (bbl/min): 2	Pressure (psi): 40	
Losses Running & Circulating Casing (bbbl): No			
Volume Cement (bbbl)	Lead Cement Slurry: 500	Tail Cement Slurry: 150	
Average Mixing Rate (bpm)	Lead Cement Slurry: 4	Tail Cement Slurry: 4	
Displacement Fluid: WBM	Weight (ppg): 8.6		
Displacement Method: cementing unit pumps	Efficiency (%):		
Displacement Volume 1 (bbl): 32	Displacement Rate 1 (bbl/min): 2.2		
Displacement Volume 2 (bbl):	Displacement Rate 2 (bbl/min):		
Displacement Volume 3 (bbl):	Displacement Rate 3 (bbl/min):		
Reciprocation: No	Stroke (ft):	Rotation: No	R.P.M.
Volume mud left in annulus (bbl): 0	Inhibitor Added: No	Inhibitor added to Spacer: No	
TOTAL VOLUME PUMPED: WATER + CEMENT + MUD = <input type="text" value="782"/> (BBL)			
TOTAL RETURNS <input type="text" value="0,0"/> (BBL)			
TIME TO ADD CEMENT BATCH MIXER : <input type="text"/> (HRS)			

Fuente: Equión Energía Limited

El diseño original de volúmenes de cemento fue basado en un hueco abierto estimado de 26” más un exceso del 100%, el diseño fue para una cola de cemento de 16 ppg para cubrir 500 ft del fondo, 40 ft como Shoe Track y 13 ft adicionales como Rat Hole. Y por último se diseñó una lechada principal de 13.5 ppg con material de LCM para cubrir hasta superficie. Éste diseño también incluyó 100 Bbl de agua como pre-flujo. El trabajo se ejecutó sin problemas de acuerdo a la secuencia operacional planeada. El bombeo se llevó a cabo con la unidad de Baker con una tasa promedio de 4.0 bpm y 250-550 psi.

El desplazamiento se hizo con 32 Bbl de WBM con la misma unidad de cementación. No se observaron retornos a superficie durante el trabajo de cementación por lo que fue necesario realizar un "Top Job" posterior. Cuando finalizó el desplazamiento, se apagaron las bombas y se observó una presión remanente de 220 psi, después de 5 minutos se liberó la presión y se obtuvieron 4.0 Bbl como flujo de retorno en la unidad de cementación "Backflow".

Éste trabajo de cementación se ejecutó en 36 horas por que como se mencionó anteriormente el casing se bajó con un Casing Anular Packer, el empaque se sentó con 1000 psi y se necesitaron 0.9 Bbl para inflarlo. El tiempo que tomó ésta operación fue de 5.5 horas.

Una vez se sentó el empaque se realizó el Top Job en superficie, se conectaron y se bajaron por el anular entre el casing de 30" y el de 20" dos líneas de 1" de diámetro y de 62 ft de longitud, por medio de las cuales se bombearon 43 Bbl de cemento de 16 ppg a 1.8 bpm hasta que se tuvieron retornos en superficie. Se apagaron las bombas y se sacaron las tuberías.

• **Instalación y Prueba de Preventoras (21 ¼")**

La instalación y prueba de preventoras de 21 ¼" de 20" inició el 30 de enero de 2012 a las 6:00 horas y finalizó el 1 de febrero de 2012 17:30 horas, para un total de 59.5 horas.

Después de la perforación ésta fue la operación que más consumió tiempo, la descripción detallada de lo que incluyen las 59.5 horas se presenta a continuación:

1. Rig Service (8.5 horas). Se lubricó el Top Drive, el bloque viajero, se cambió y se probó el Wash pipe.

2. Instalación de BOPs (6.5 horas).
3. R/D equipo de aire, instalación Poor Boy, desmonte de las líneas hacia el separador de Weatherford (33 horas).
4. Prueba de Preventoras (11.5 horas).

• **Drill Out del cemento.**

El drill out del cemento inició el 1 de febrero de 2012 a las 17:30 horas y finalizó el 2 de febrero de 2012 12:30 horas, para un total de 19 horas.

Se corrió BHA # 5, con broca PDC de 18.5” para realizar el drill out del cemento. Se encontró el tope a 1,120 ft, y se perforó cemento desde 1,120 ft hasta 1,208 ft con los siguientes parámetros:

- WOB: 8 – 15 Klbs.
- Caudal de bomba: 650 gpm.
- Presión: 550 psi.

El tiempo de la actividad incluye el viaje del BHA y una prueba al casing al inicio de la operación (1.25 horas).

Tabla 66. Información BHA #5 para Drill Out Fase 26” Pozo Yopal 3

Hole Size (inches)	BHA Number	Bit Number	BHA COMPONENTS	MD in (ft)	MD out (ft)	Time in hole			Mud information			
						Circulating Time (hrs)	On Bottom Time (hrs)	String Rotating Time (hrs)	Mud Type	Plastic Visc (cp)	Yield Point	MW (ppg)
18 1/2"	5	4	PDC Bit - Motor - MWD - 9 1/2 DC - 8 DC - Jar - 8 DC - HWDP	0	2801	102,3	102,1	22,9	WBM	15	18	8,9

Fuente: Equión Energía Limited

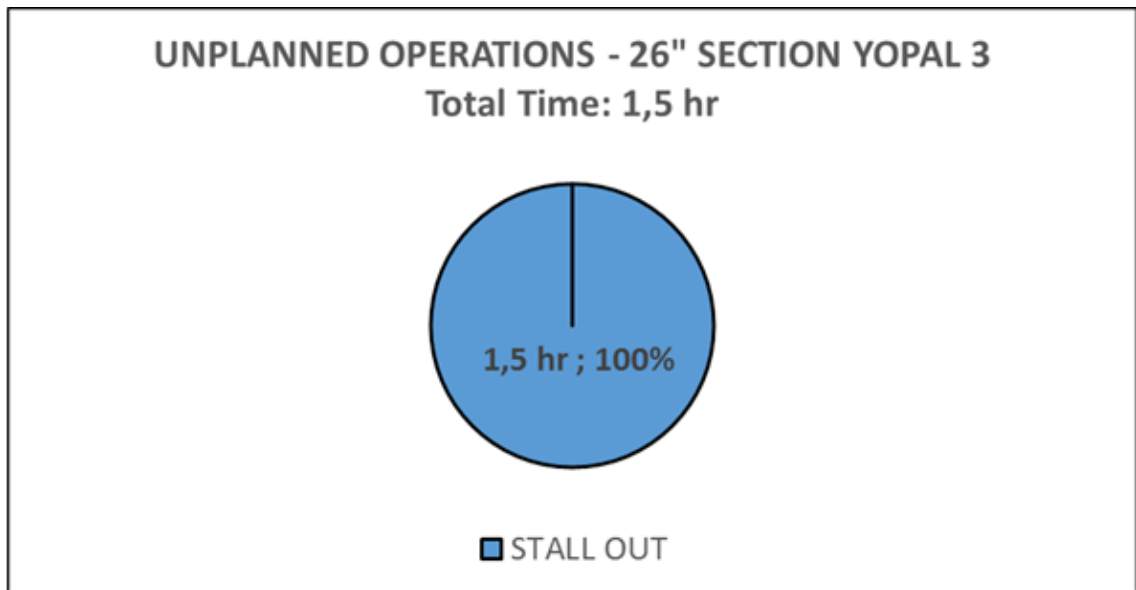
- **Prueba de Integridad a la formación (FIT).**

La prueba de integridad de la formación inició el 2 de febrero de 2012 a las 12:30 horas y finalizó el mismo día a las 16:30 horas, para un total de 4 horas. La prueba se ejecutó de la siguiente manera:

Como resultado de la prueba se obtuvo un peso equivalente (EMW) de 10,57 ppg a 150 psi.

3.3.2.4 Análisis de operaciones no planeadas.

Grafica 22. Análisis gráfico de las operaciones no planeadas Fase 26" Pozo Yopal 3

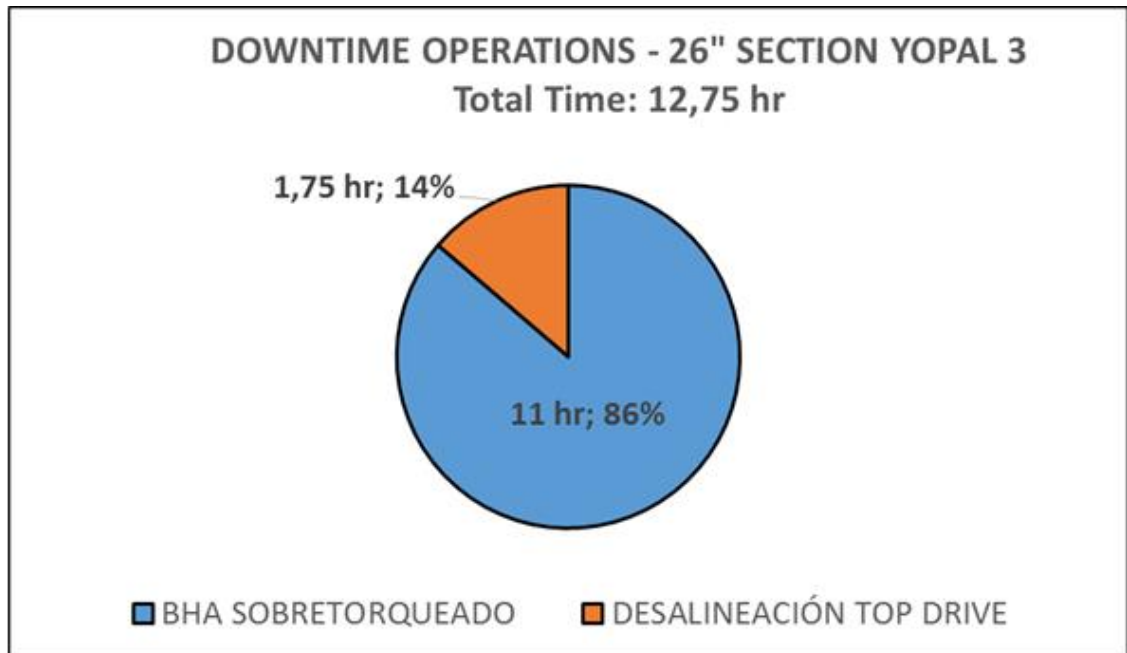


Datos: Equión Energía Limited

STALL OUT (1,5 hr)- Durante la perforación a 1, 136 ft se presentaron algunos eventos de Stall Out, que obligaron a levantar la sarta, liberar torque que en superficie alcanzo hasta 20 Kft-lb, por último se realizó Reaming y Backreaming de la zona.

3.3.2.5 Análisis de operaciones “downtime”.

Grafica 23. Análisis gráfico de las operaciones Downtime Fase 26” Pozo Yopal 3



Datos: Equión Energía Limited

El tiempo de operaciones downtime se divide en dos eventos principales:

CONEXIONES SOBRETORQUEADAS (11 hr) – Durante el quiebre del BHA # 3 de perforación se encontraron algunas conexiones sobretorqueadas por lo que la actividad tomó más tiempo del planeado.

DESALINEACIÓN TOP DRIVE (1,75 hr) - Durante la corrida del casing de 20” se tuvo problemas cuando se iba a hacer la conexión de la Junta #11 debido a una desalineación del Top Drive. Por lo que se tuvo que esperar hasta que el inconveniente se solucionara.

3.3.2.6 Lecciones y posibles mejoras de la sección de 26”.

- Se comprobó que los sistemas de lodo aireado son efectivos para minimizar las pérdidas de circulación.
- La profundidad de asentamiento del casing de 30” no fue suficiente para evitar la migración de aire a superficie.
- Se comprobó que sentar el casing a una profundidad más somera que la planeada no afecta significativamente el diseño final del pozo, en la sección de 18 ½” se incrementaron las ROPs en las formaciones por el cambio de diámetro.
- Se obtuvo una limpieza adecuada del hueco usando bajas tasas de flujo ($Q < 500$ gpm).
- El adecuado uso de motores en el BHA requiere de tasas de aire más altas, lo cual promueve la erosión y presencia de burbujas de aire en el contrapozo.
- El uso de material para control de pérdidas (LCM) no presenta un gran aporte en la solución de dicho problema y si puede taponar los filtros de las bombas y los motores.
- Se confirmó que Guayabo y Charte pueden ser perforadas con ECDs menores de 6 ppg sin que colapsen.
- No se observaron signos de corrosión en la tubería, lo cual permite pensar que las medidas tomadas para mitigar el riesgo fueron eficientes.

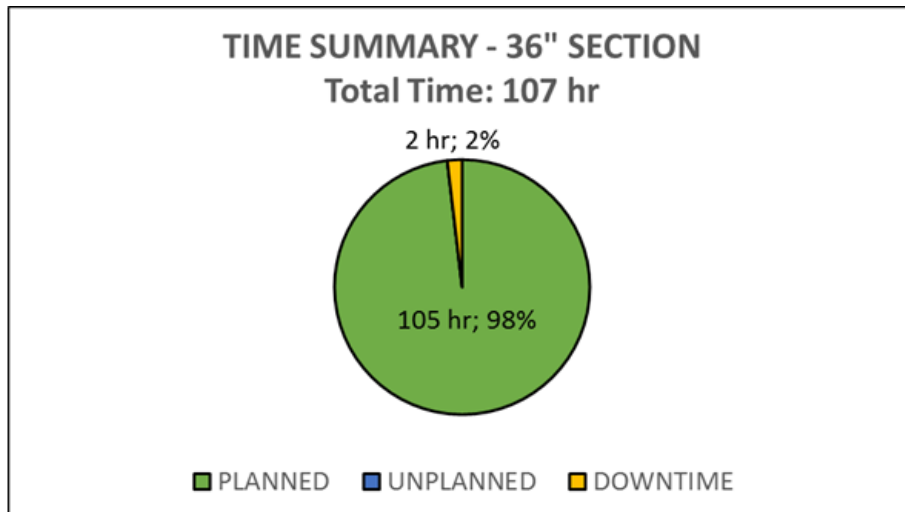
3.4 POZO YOPAL 4

3.4.1 Análisis fase de 36" – hueco conductor

3.4.1.1 Período analizado: Corresponde a todas las actividades que se ejecutaron durante la perforación y revestimiento del hueco conductor de 36". Desde el 19 de Septiembre de 2012 a las 00:00 horas hasta el 23 de Septiembre de 2012 a las 11:00 horas, para un tiempo total de 107 horas analizadas.

3.4.1.2 Análisis Tiempos de la Sección: A continuación se pueden observar la distribución del tiempo en esta sección:

Grafica 24 Distribución de tiempo en la sección de 36" Pozo Yopal 4



Datos: Equion Energía Limited

En términos generales en el 98% del tiempo (105 hr) se ejecutaron las operaciones planeadas del hueco conductor de 36" (Perforación, Acondicionamiento del hueco para revestir, Revestimiento, Cementación, Instalación del Bell Nipple y la RCD y Drill Out). Y el tiempo improductivo fue del

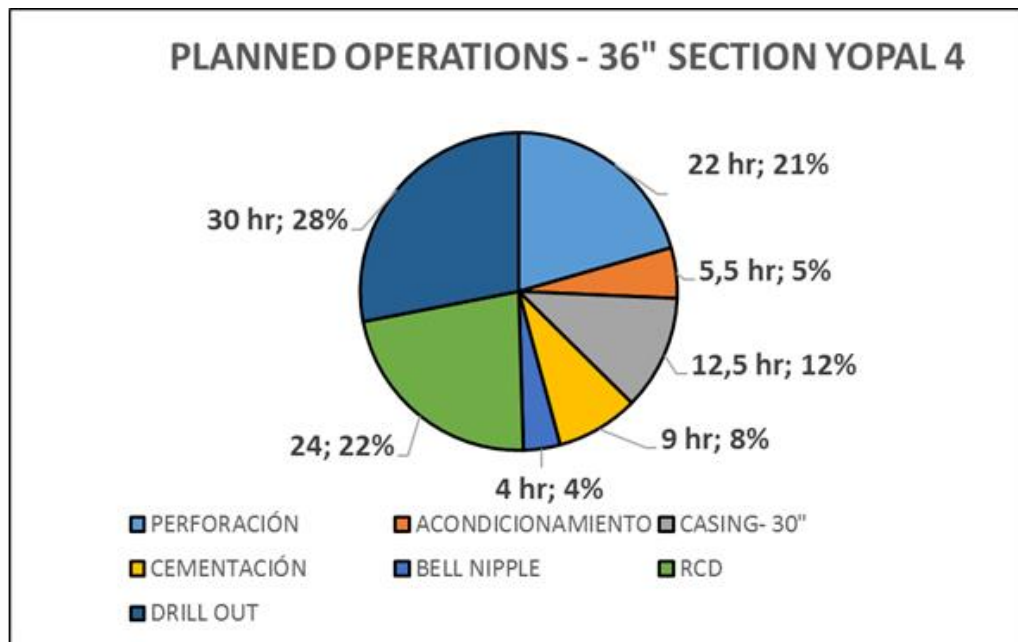
2% (2 hr). Ésta pérdida de tiempo se debió principalmente a un washout en la Kill Line de la Jet del Contrapozo y a algunas fugas en válvulas. Es importante destacar que en la sección no se presentaron pérdidas de tiempo por actividades que se consideraran como problemas operacionales.

3.4.1.3 Análisis de operaciones planeadas

- Análisis gráfico distribución de tiempo – operaciones planeadas

A continuación se presenta un análisis gráfico de las operaciones planeadas que se ejecutaron durante la fase de 36”.

Grafica 25 Análisis gráfico de las operaciones planeadas Fase 36” Pozo Yopal 4



Fuente: Autoras del Proyecto

• **Perforación hueco conductor de 36”:**

La Perforación del hueco de 36” inició el 19 de Septiembre de 2012 a las 00:00 y finalizó el mismo día a las 22:00, para un total de 22 horas.

Se perforaron 138 ft de la formación Guayabo, desde superficie hasta 138 ft en MD, es decir, en una trayectoria vertical, con broca tricónica de 36”, ensanchador de 42” y BHA rotario.

La primera diferencia con el Pozo anterior fue que éste bajo desde el inicio con ensanchador, para eliminar el tiempo de 15.75 horas adicionales que se habían perdido como consecuencia del viaje para acondicionar el hueco para revestirlo.

• **Parámetros mecánicos, hidráulicos y ROP.**

En esta sección se trabajaron los parámetros presentados en la siguiente tabla, los cuales fueron leídos directamente del DataLog adjunto en el anexo A.

Tabla 67 Rangos parámetros hidráulicos, mecánicos y ROP, Fase36”, Pozo Yopal 4

Parámetro	Rango
RPM	20 -80
WOB	5 - 25 Klbf
ROP	5 - 50 ft/hr
Torque	5 Kft-lb
Caudal de bomba	300 – 500 gpm
Presión	0 – 1000 psi

Fuente: Equión Energía Limited

• **Brocas Utilizadas**

Esta sección se perforo con broca tricónica de 36”, la broca perforó 138 ft en modo de rotación, para un total de 16.5 horas en fondo.

A continuación se presentan las especificaciones de la Broca, tomadas del Bit Record del pozo. Su respectivo Bit Report puede ser consultado en el Anexo B de este libro

Tabla 68. Bit Record Fase 36” Pozo Yopal 4

Size	Bit Number	Reference	Type	Footage (ft)	Depth in (ft)	Depth out (ft)	Min WOB (klb)	Max WOB (klb)	Average ROP (fph)	Mud Weight	Dull Grading	Manufacturer
36"	1	33765	Tricone	131	34	138	5	15	6,4	8,9	0-0-NO-A-E-I-NO-TD	Varel

Fuente: Equión Energía Limited

• **BHA**

Para esta sección se usó un BHA, a continuación se presenta el detalle del mismo.

Tabla 69. BHA Record Fase 36” Pozo Yopal 4

Hole Size (inches)	BHA Number	Bit Number	BHA COMPONENTS	MD in (ft)	MD out (ft)	Time in hole			Mud information			
						Circulating Time (hrs)	On Bottom Time (hrs)	String Rotating Time (hrs)	Mud Type	Plastic Visc (cp)	Yield Point	MW (ppg)
36"	1	7	Tri Cone Bit - Bit Sub - Hole Opener - 9 1/2 DC	0	138	21,50	21,50	-	WBM	16	25	8,9

Fuente: Equión Energía Limited

Para este pozo se aplicó la lección aprendida del anterior, y desde el inicio se corrió el ensanchador. La descripción del BHA puede verse en detalle en el Apéndice C.

• **Formaciones Perforadas:**

Durante la primera sección del pozo se atravesó la formación Guayabo. El intervalo perforado de esta formación está compuesto principalmente por areniscas conglomeradas, Mudstone y Siltstone. A continuación se presentan los gases asociados a esta formación:

Tabla 70 Gases asociados formación Guayabo durante perforación Fase 36” Pozo Yopal 4

Gas Peaks	Total Gas	C1	C2	C3	iC4	nC4	iC5	n C5
	%	Ppm						
BGG	0.004	4	0	0	0	0	0	0

Fuente: Equión Energía Limited

La tasa de cavings promedio durante la perforación de esta formación fue de 0.1 bph; el valor máximo se presentó a 60 ft y fue de 0.4 bph.

Los cavings se calificaron con 90% blocosos y 10% Tabulares. La litología asociada fueron arenas conglomeraticas, Mudstone y Siltstone. El tamaño promedio de cavings fue de 4 mm y el tamaño máximo fue de 8 mm.

Guayabo se perforó con una broca tricónica de 36”. La broca perforó de 49 ft a 138 ft en modo rotación, para un total de horas en fondo de 16.5 horas, la sección fue ensanchada a 42” para correr el casing de 30”.

• **Trayectoria hueco de 36”**

Trayectoria vertical, máxima desviación 0.24° a 125 ft. Como se relaciona en los siguientes surveys.

Al igual que en los pozos anteriores, los surveys fueron tomados durante la perforación de la sección de 26”, es decir, fueron tomados con herramienta MWD.

Tabla 71 Surveys fase 36” Pozo Yopal 4

Comments	MD (ft)	Incl (°)	Azim Grid (°)	TVD (ft)	TVDSS (ft)
Tie-In	0.00	0.00	0.00	0.00	-3388.89
<i>RTE</i>	<i>34.00</i>	<i>0.06</i>	<i>97.27</i>	<i>34.00</i>	<i>-3354.89</i>
<i>Marker MudLine</i>	<i>100.00</i>	<i>0.19</i>	<i>97.27</i>	<i>100.00</i>	<i>-3288.89</i>
<i>30" Csg</i>	<i>125.00</i>	<i>0.24</i>	<i>97.27</i>	<i>125.00</i>	<i>-3263.89</i>

Fuente: Equión Energía Limited

• **Lodo Hueco de 36”**

Durante la perforación del hueco de 36” se utilizó un sistema de lodo “AQUAGEL/X-TEND II” manejado por la compañía Halliburton Baroid Fluid Systems, con las propiedades y concentraciones que se relacionan a continuación.

Tabla 72 Propiedades del lodo Hueco de 36” Pozo Yopal 4

FLUID PARAMETERS				
WBM	Programmed		Actual	
	Min	Max	Min	Max
MW, ppg	8.5	9.1	8.5	9.0
PV, cP	15	25	12	16
YP, lb/100 ft ²	20	30	24	25
Gels, 10s/10 min/30 min	17/25/30	17/25/30	10/14/17	12/19/22
API Filt, ml/30 min	NC	NC	NC	NC
MBT, ppb	<20	<20	10	20
pH	8.5	9.5	8.6	9.0
LGS, % by vol	<6	<6	4.9	5.8

Fuente: Equión Energía Limited

Tabla 73 Productos químicos lodo Hueco de 36” Pozo Yopal 2

PRODUCT	Programmed Concentration	Average ppb	Minimum ppb	Maximum ppb
AQUAGEL	18	19.5	16	22.5
X TEND II	0.08	0.07	0.06	0.08
BARAZAND D PLUS	--	--	--	--
GLUTARALDEHYDE	0.5	0.12	0.1	0.13
NaOH	0.1	--	--	--

Fuente: Equión Energía Limited

Tabla 74 Volúmenes de Lodo Fase de 36” Pozo Yopal 4

Volumes (bbls)	Programmed	Actual	Variance
Re Used Fluid from previous section (--	--	--
Recycled oil supplied by Equion (	0	0	--
OBM Supplied by Equion (	0	0	--
Downhole Losses	500	0	(500)
Other losses (SCE)			
Total volume used on Interval (active/reserve/pills)	2284	1100	1469
Dilution	878	330	548
Dilution, bbl/ft	6.5	2.4	4.1

Datos: Equión Energía Limited

Antes de iniciar la perforación de esta sección el AQUAGEL (17 ppb) fue pre-hidratado en los tanques del sistema activo durante 24 horas. 1400 barriles de lodo base agua de 8.8 ppg fueron preparados para el inicio de la perforación de esta sección.

Una vez la perforación empezó, se añadió X-TEND II con la finalidad de mejorar el desempeño del AQUAGEL y de prevenir la dispersión de los cortes en el lodo. Cuando se alcanzó la profundidad de la fase se circularon 50 Bbl de píldora de alta viscosidad. Después de que se llevó a cabo el viaje de acondicionamiento se bombearon 125 Bbl de lodo base agua de 9.6 ppg con la finalidad de facilitar la corrida del casing de 30”.

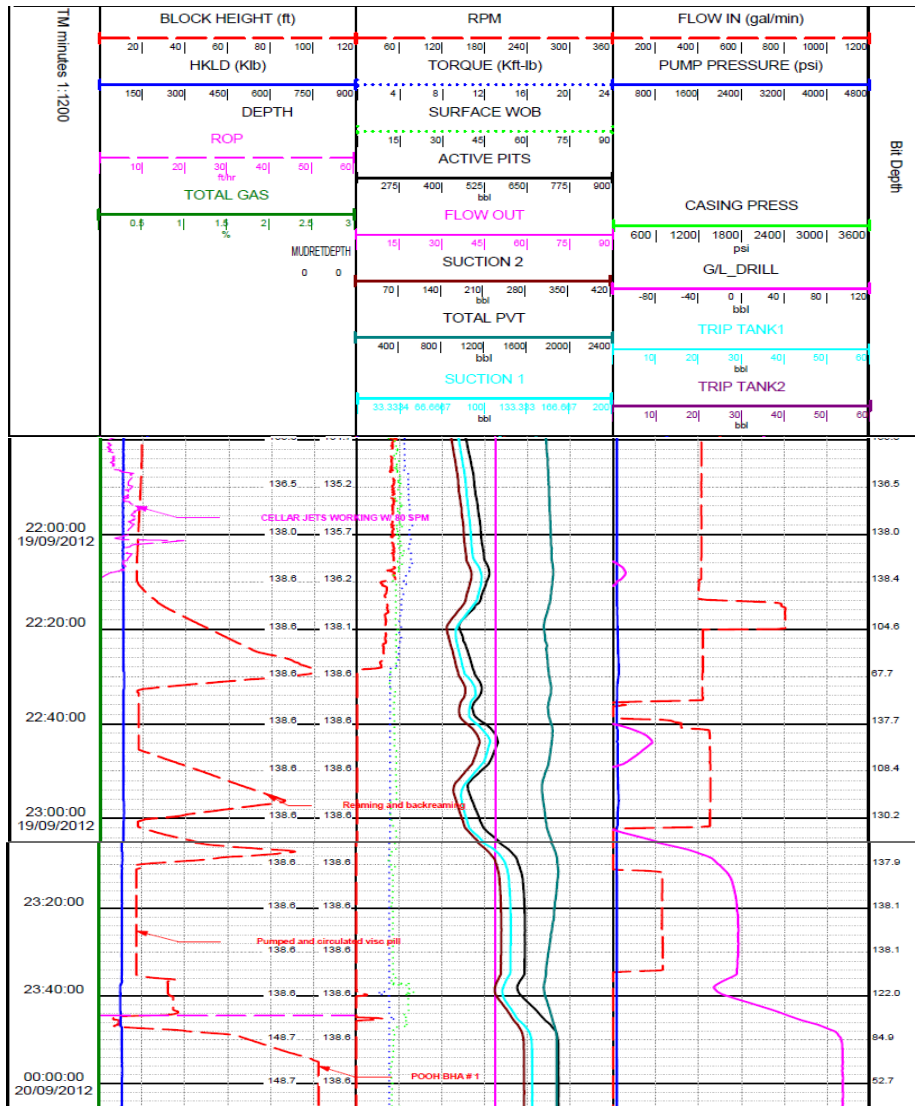
Se construyeron 2569 Bbl de lodo de los cuales se consumieron 1000 Bbl en la fase, el resto se transfirió a la fase de 26”.

• **Acondicionamiento del hueco para revestir**

El acondicionamiento del hueco para revestir inició una vez terminada la perforación del hueco, es decir, el 19 de septiembre de 2012 a las 22:00 horas y finalizó el 20 de septiembre a las 3:30 horas, para un total de 5.5 horas.

La operación consistió en realizar Reaming y Backreaming desde 138 ft hasta 49 ft, con los parámetros que se observa en el DDL, luego se volvió a fondo y se bombearon 150 Bbl de píldora viscosa. Por último se colocaron en fondo 150 Bbl de píldora viscosa de 9.6 ppg y se sacó a superficie sin bombas sin que se presente ninguna restricción.

Figura 11 Drilling Data Log Fase 36” Pozo Yopal 4



Fuente: Equión Energía Limited

• Corrida Casing de 30” (234.3 Lb/ft , Grado B, Conexión ST2)

La corrida Casing de 30” inicio el 20 de septiembre de 2012 a las 3:30 horas y finalizó el mismo día a las 16:00 horas, para un total de 12.5 horas. A 125 ft se

sentó casing de 30" de 234.4 lb/ft compuesto por un zapato con válvula flotadora y dos juntas de conexión ST-2 Vetco.

Durante toda la corrida se tuvo en sitio el técnico experto en conexiones ST-2 Vetco, una buena práctica para el aseguramiento de la operación. La operación se ejecutó sin problemas asociados y según lo planeado.

• **Cementación Casing de 30"**

La cementación del casing de 30" inició el 20 de septiembre de 2012 a las 16:00 horas y finalizó el 21 de septiembre de 2012 a las 01:00 horas, para un total de 9 horas. El diseño original de volúmenes de cemento fue basado en un hueco abierto estimado de 42" más un exceso del 100%.

El diseño se hizo para una sola lechada de 16 ppg para cubrir desde el zapato hasta la superficie y 20 ft por dentro del casing de 30" como "shoe track". Así mismo, el diseño incluía el uso de 60 Bbl de agua fresca como pre flujo para prevenir la contaminación entre el lodo y el cemento, así como para mejorar la adherencia del mismo. El trabajo se llevó a cabo sin problemas y de acuerdo a la secuencia planeada.

La unidad de cementación de Baker bombeó un total de 172 Bbl de lechada de cemento con densidad de 16 ppg, la tasa promedio de bombeo fue de 5 bpm. El desplazamiento se hizo con 5 Bbl de lodo base agua, los cuales se bombearon con la misma unidad de cementación a una tasa promedio de 2 bpm.

Una vez hecho el desplazamiento las bombas se apagaron y se observó una presión remanente de 0 psi, el flujo de retorno en la unidad de cementación fue de 0 Bbl.

• Instalación del 30” Bell Nipple y de la Cabeza Rotativa (RCD)

La instalación del Bell Nipple inició el 21 de septiembre a las 01:00 horas y finalizó el mismo día a las 05:00 horas, en este momento inició la instalación de la cabeza rotativa que finalizó el 22 de septiembre de 2012 a las 05:00 horas, para un tiempo total en las dos actividades de 28 horas. En este caso la instalación de la cabeza rotativa tuvo mayor duración ya que en este tiempo se realizaron también trabajos de soldadura.

• Drill Out del cemento

Ésta actividad inició a el 21 de septiembre de 2012 a las 5:00 horas y finalizó el 23 de septiembre de 2012 a las 9:00 horas, para un total de 30 horas. Se corrió BHA # 2, con broca tricónica HYCALOG para realizar el drill out del cemento. Se encontró el tope a 103 ft, y se perforó cemento desde 103 ft hasta 123 ft con un caudal de bomba de 300 gpm, 100 psi, 60 rpm y WOB de 10 Klbs, luego se continuó perforando el zapato hasta 125 ft.

Tabla 75. Información BHA #2 para Drill Out Fase 36” Pozo Yopal 4

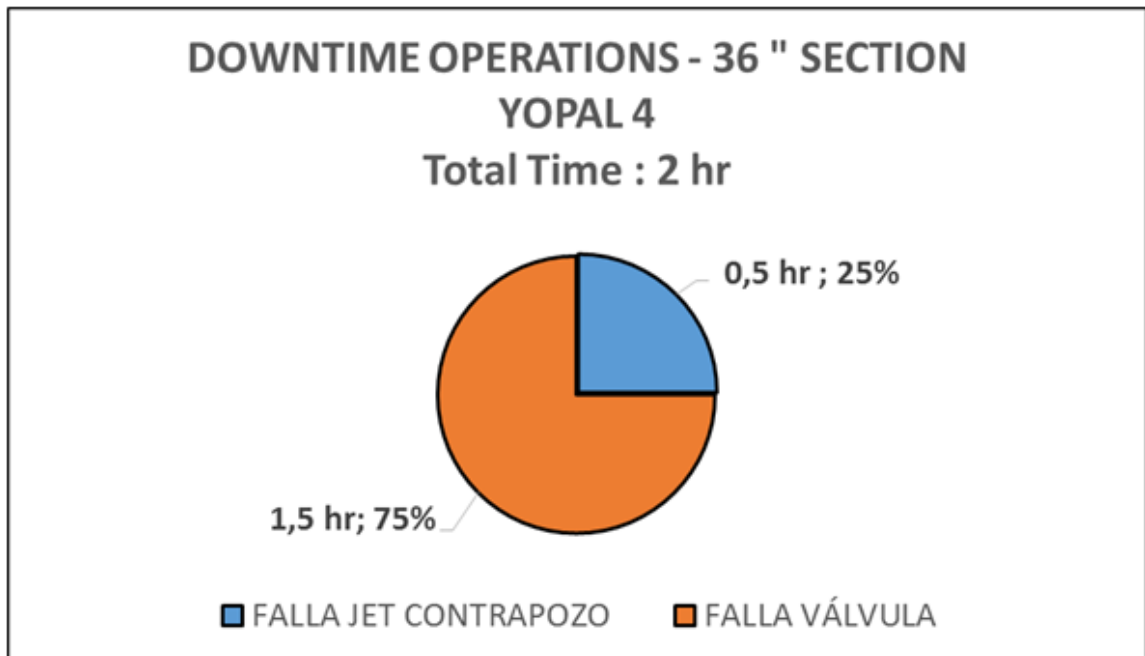
Hole Size (inches)	BHA Number	Bit Number	BHA COMPONENTS	MD in (ft)	MD out (ft)	Time in hole			Mud information			
						Circulating Time (hrs)	On Bottom Time (hrs)	String Rotating Time (hrs)	Mud Type	Plastic Visc (cp)	Yield Point	MW (ppg)
26"	2	2	Tri Cone Bit - SSTB- PWD - WWD - SSTB - 9 1/2 DC - SSTB - 9 1/2 DC - 8 DC - HWDP	0	1160	104,70	76,30	76,30	WBM	15	24	8,8

Fuente: Equión Energía Limited

3.4.1.4 Análisis de operaciones no planeadas – problemas operacionales: En esta sección no se presentó pérdida de tiempo por problemas operacionales.

3.4.1.5 Análisis “Downtime” – pérdida de tiempo por daño en equipos: En esta sección se perdieron 2 horas por operaciones Downtime. A continuación se describe en que momento, durante que evento y cuál fue la razón de estas operaciones:

Grafica 26 Análisis gráfico de las operaciones Downtime Fase 36” Pozo Yopal 4



Datos: Equión Energía Limited

- 1. FALLA JET CONTRAPOZO (0,5 hr):** Durante la perforación del hueco de 36”, se observó un washout en la Kill Line del Jet del contrapozo por lo que se armó una línea desde la bomba #1 hasta el Jet del contrapozo.

2. **FUGA VÁLVULA (1,5 hr):** Durante el Drill Out del cemento, se observó una fuga en la válvula que conecta la Flow Line a las Scalpers, se reparó la misma.

3.4.1.6 Lecciones de la sección de 36”

- Es buena práctica viajar el BHA #1 con ensanchador, ya que se ahorra un viaje adicional (Representación de 15.75 horas en el Pozo Yopal 3).
- No se presentó ningún problema al momento de bajar el revestimiento de 30”, consecuencia también del ensanchamiento inicial del hueco.
- Se debe ejercer más control sobre la calidad de válvulas y conexiones para intentar eliminar esas 2 horas de tiempo “Downtime” en las que se identificaron fugas en la válvula que va del Flow Line a las Scalpers.

3.4.2 Análisis fase de 26” – hueco de superficie

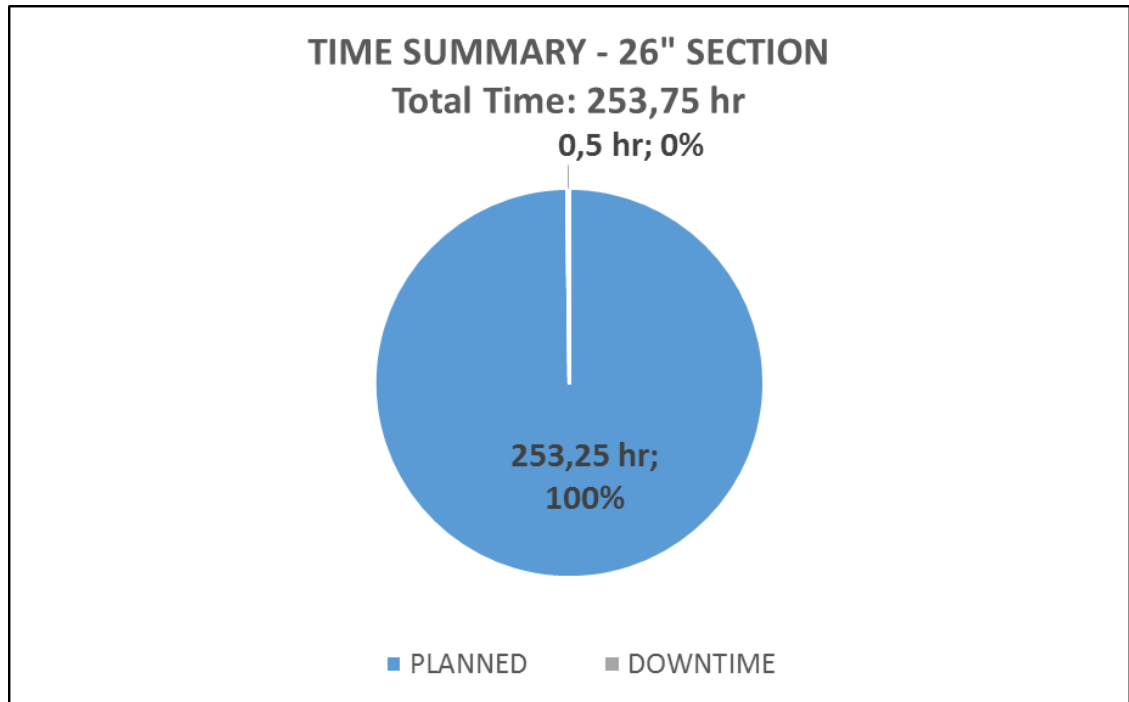
3.4.2.1 Período analizado: Este análisis incluye todas las actividades realizadas desde el inicio de la perforación del primer pie de 26” el 23 de Septiembre de 2012 a las 11:00 horas y hasta cuando finalizan las actividades relacionadas con las pruebas de formación el 4 de Octubre de 2012 a las 00:45 horas, para un total de 253.75 horas.

3.4.2.2 Análisis Tiempos de la Sección: En términos generales en el 100% del tiempo se llevaron a cabo operaciones planeadas.

Como lo presenta la gráfica siguiente, se gastaron un total de 253.25 horas (10.55 días) en operaciones planeadas, 0.5 horas (0.02 días) en operaciones Downtime.

A continuación se relaciona un análisis detallado de las operaciones antes mencionadas.

Grafica 27 Distribución de tiempo en la sección de 26" Pozo Yopal 4



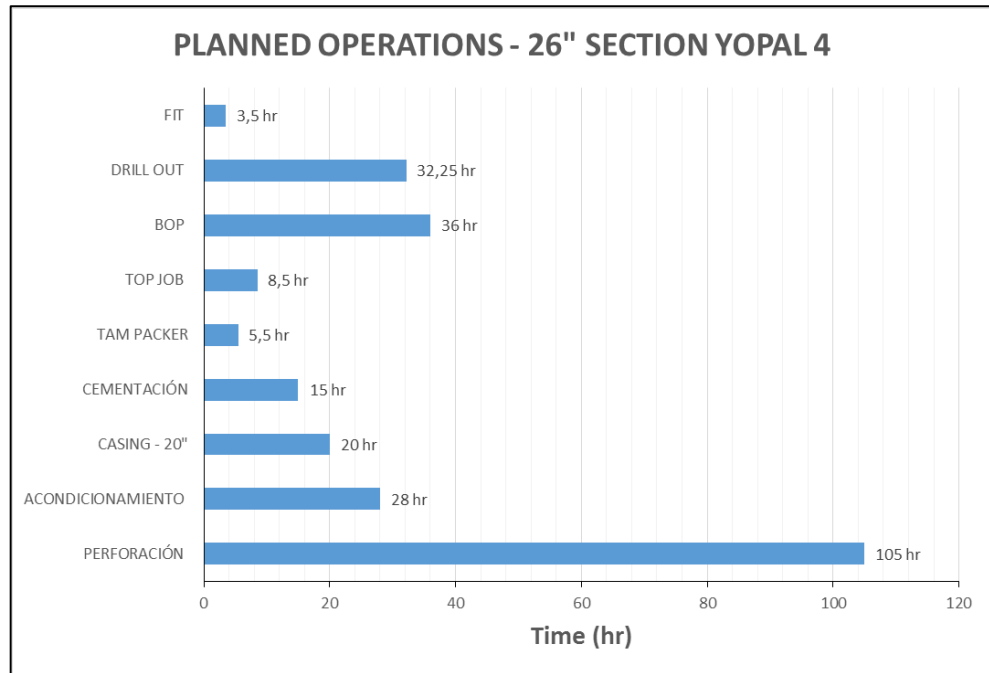
Datos: Equion Energía Limited

3.4.2.3 Análisis de operaciones planeadas

- **Análisis gráfico distribución de tiempo – operaciones planeadas**

A continuación se presenta un análisis gráfico de las operaciones planeadas que se ejecutaron durante la fase de 26”.

Grafica 28 Análisis gráfico de las operaciones planeadas Fase 26" Pozo Yopal 4



Datos: Equion Energía Limited

• Perforación hueco de 26”:

La Perforación del hueco de 26” inició el 23 de septiembre de 2012 a las 11:00 y finalizó el 27 de septiembre de 2015 a las 20:00 horas, para un total de 105 horas.

Se perforaron 322 ft (138 ft – 460 ft) de la formación Guayabo y 700 ft (460 ft – 1,160 ft) de la formación Charte. Para un total de 1,022 ft en MD, es decir, en una trayectoria vertical. Para ésta sección se utilizó un BHA, que será descrito más adelante.

Esta sección se perforo con dos tipos de fluidos, de 138 ft a 425 ft se utilizó un fluido polimérico a base agua, de 425 ft a 938 ft se utilizó un fluido a base agua

con cierto porcentaje de aire y de 938 ft a 1,160 ft nuevamente el fluido polimérico a base agua. A 430 ft se perdieron retornos a superficie, razón por la cual se inició la perforación con fluido aireado.

A 938 ft se evidenciaron burbujas en el contrapozo razón por la cual se cortó el suministro de aire, y lo que provocó la finalización anticipada de la fase a 1,160 ft.

• **Parámetros mecánicos, hidráulicos y ROP.**

En esta sección se trabajaron los parámetros presentados en la siguiente tabla, los cuales fueron leídos directamente del DataLog adjunto en el anexo A:

Tabla 76 Rangos hidráulicos, mecánicos y ROP Fase 26” Pozo Yopal 4

Parámetro	Rango
RPM	60-100
WOB	5 - 35 Klbf
ROP	5 - 50 ft/hr
Torque	5 – 10 Kft-lb
Caudal de bomba	300 – 700 gpm
Presión	500 - 1000 psi

Datos: Equion Energía Limited

• **Brocas Utilizadas**

Esta sección se perforo con una broca tricónica de 26”, la primera broca perforó 1,022 ft en modo de rotación, para un total de 75.9 horas en fondo.

Tabla 77 Bit Record Fase 26” Pozo Yopal 4

Size	Bit Number	Reference	Type	Footage (ft)	Depth in (ft)	Depth out (ft)	Min WOB (klb)	Max WOB (klb)	Average ROP (fph)	Mud Weight	Dull Grading	Manufacturer
26"	2	D156865	Tricone	322	138	1160	20	50	13,4	8,8	0-0-NO-A-0-1-NO-TD	Hycalog
				700								

Fuente: Equión Energía Limited

• **BHA 2**

Tabla 78 BHA Record Fase 26” Pozo Yopal 4

Hole Size (inches)	BHA Number	Bit Number	BHA COMPONENTS	MD in (ft)	MD out (ft)	Time in hole			Mud information			
						Circulating Time (hrs)	On Bottom Time (hrs)	String Rotating Time (hrs)	Mud Type	Plastic Visc (cp)	Yield Point	MW (ppg)
26"	2	2	Tri Cone Bit - SSTB- PWD - WWD - SSTB - 9 1/2 DC - SSTB - 9 1/2 DC - 8 DC - HWDP	0	1160	104,70	76,30	76,30	WBM	15	24	8,8

Fuente: Equión Energía Limited

Para esta sección se usó un BHA para perforar todo el intervalo. Se armó BHA # 2 con broca # 2. Se corrió desde superficie hasta 103 ft (TOC). Se perforó cemento hasta 123 ft. Se bombearon 60 Bbl de píldora viscosa para limpiar el hueco. Se continuó perforando el zapato del casing de 30” hasta 125 ft y luego se avanzó hasta 138 ft. Se continuó perforando hasta 304 ft, se observaron altas vibraciones en el intervalo de 264 ft a 281 ft. La tasa promedio de pérdidas fue de 35 bph. En 405 ft se observaron pérdidas mayores, y aun cuando se disminuyó el caudal de flujo no se vio mejoría, se circularon fondos arriba y se observó el nivel de fluido estático en el contrapozo, se avanzó hasta 425 ft, en donde se inició la perforación con fluido aireado con 350 – 450 scfm de aire. A 701 ft se observaron algunos eventos de torque errático y se trabajó la sarta. Se empezaron a observar pérdidas de 120 bph, razón por la cual se aumentó el caudal de inyección de aire a 450 scfm, se observó reducción en las pérdidas hasta un valor de 70 bph. Se continuó perforando hasta 928 ft con 550 scfm de aire.

A 928 ft con 600 scfm se observó torque errático, se levantó la sarta y se empezaron a observar burbujas de aire en el contrapozo, se detuvo la perforación y se redujo la tasa de inyección de aire a 300 scfm. Se bombearon 45 Bbl de píldora de alta viscosidad y luego se cortó el suministro de aire para determinar la tasa de pérdida. Se continuó perforando hasta 938 ft con 550 scfm observando retornos totales, se bombearon 80 Bbl de píldora con material para el control de pérdidas (LCM). Se continuó la perforación con solo lodo hasta 1,112 ft, bombeando píldoras viscosas a 953, 956 y 1,051 ft como estrategia de limpieza del hueco, la ROP cayó a 4.4 ft/hr. Se terminó de perforar la fase a 1,160 ft, se circuló a limpio con 650 gpm, 525 psi. Se realizó un short trip con bombas a 650 gpm, 533 psi, se observó arrastre a 973 ft. Se circularon fondos arriba con 600 gpm, 500 psi. Se continuó sacando hasta 116 ft y se vuelve a bajar libre hasta 990 ft, lavando con 600 gpm, 500 psi hasta 1,160 ft. Se circulan a superficie 100 Bbl de píldora de alta viscosidad y se ponen en fondo otros 100 Bbl de píldora de alta viscosidad. Se realizó Flow Check y se sacó el BHA a superficie.

• Formaciones Perforadas:

Durante la sección de 26" del pozo se atravesó la formación Guayabo y Charte. El intervalo perforado de Guayabo, así como en la sección anterior, está compuesto principalmente en la parte superior por areniscas conglomeradas y se evidencian también Siltstone y trazas de Chert en menor proporción. Desde 310 ft hasta el tope de Charte el tamaño de los granos varía de medio a muy fino. Guayabo en esta sección fue perforada con una broca tricónica de 26" y se manejaron en promedio los siguientes parámetros:

Tabla 79 Parámetros promedios de perforación formación Guayabo Fase 26” Pozo Yopal 4

MODE	ROP (ft/hr)	WOB (Klbs)	RPM	TORQUE	SPP	FLOW IN (gpm)	MW (ppg)	ECD (ppg)	CAVING (Bbl/hr)
Rotating BIT # 2 (138' - 460')	12.9	2.0 - 46.0	30-100	3.1 - 8.2	55 - 340	341 - 514	8.8 - 8.9	8.91	0.2

Fuente: Equión Energía Limited

A continuación se presentan los gases asociados a esta formación:

Tabla 80 Gases asociados a la formación Guayabo durante perforación Fase 26” Pozo Yopal 4

Gas Peaks	Total Gas	C1	C2	C3	iC4	nC4	iC5	n C5
	%	Ppm						
BGG	0.004	4	0	0	0	0	0	0

Fuente: Equión Energía Limited

El tope de esta formación está conformado por Mudstone de color gris suave y Siltstone de color marrón rojizo oscuro de acuerdo a la correlación del pozo anterior.

Charte en este pozo presenta un cambio progresivo en el color de marrón rojizo a gris verdoso desde el tope a la base. En este pozo se pueden distinguir dos secciones: Un intervalo predominantemente arenoso del tope de la formación hasta 1,020 ft y uno más arcilloso desde 1,020 ft hasta 1,070 ft.

La tasa promedio de cavings fue de 0.22 bph y la tasa máxima fue de 0.38 bph. El tamaño promedio y máximo fue de 5 mm y 8 mm respectivamente y por último la distribución morfológica de los cavings fue 95% Tabular y 5% Blocosos. Ésta formación fue perforada en esta sección por una broca de 26", cuyos parámetros promedios se presentan en la siguiente tabla:

Tabla 81 Parámetros promedios de perforación formación Charte Fase 26" Pozo Yopal 4

MODE	ROP (ft/jhr)	WOB (Klbs)	RPM	TORQUE	SPP	FLOW IN (gpm)	MW (ppg)	ECD (ppg)	CAVING (Bbl/hr)
Rotating BIT # 2 (460' - 1160')	13.72	9.9 - 56.9	57 - 124	3.6 - 13.3	113 - 709	299 - 686	8.9	8.9 - 8.93	0.11

Fuente: Equión Energía Limited

A continuación se presentan los gases asociados a esta formación:

Tabla 82 Gases asociados a la formación Charte durante perforación Fase 26" Pozo Yopal 4

Gas Peaks	Total Gas	C1	C2	C3	iC4	nC4	iC5	n C5
	%	Ppm						
BGG 460' - 1160'	0.0072	4	0	0	0	0	0	0

Fuente: Equión Energía Limited

• Trayectoria hueco de 26"

Trayectoria vertical, máxima desviación 2.38° a 1,100 ft. A continuación se relaciona el listado de surveys tomados durante la sección:

Tabla 83 Surveys fase 36” Pozo Yopal 1

Comments	MD (ft)	Incl (°)	Azim Grid (°)	TVD (ft)
Tie-In	0.00	0.00	0.00	0.00
<i>RTE</i>				
<i>Marker MudLine</i>	34.00	0.06	97.27	34.00
	100.00	0.19	97.27	100.00
<i>30" Csg</i>	125.00	0.24	97.27	125.00
	148.00	0.28	97.27	148.00
	200.00	0.16	118.67	200.00
	257.00	0.12	187.64	257.00
	300.00	0.08	265.35	300.00
	352.00	0.20	310.50	352.00
	400.00	0.54	296.04	400.00
	441.00	0.83	293.09	440.99
<i>Charte</i>	460.00	0.85	289.83	459.99
	500.00	0.90	283.52	499.99
	537.00	0.96	278.35	536.98
	600.00	0.92	303.57	599.97
	630.00	0.96	315.27	629.97
	700.00	1.12	329.40	699.96
	718.00	1.17	332.35	717.96
	800.00	1.22	318.20	799.94
	814.00	1.23	315.92	813.94
	900.00	1.74	319.20	899.91
	909.00	1.79	319.44	908.90
	1000.00	2.04	328.50	999.85
	1003.00	2.05	328.76	1002.85
	1100.00	2.38	323.42	1099.78
Last Survey 26"	1114.00	2.35	324.06	1113.76
<i>20" Csg</i>	1151.00	2.12	324.00	1150.74

Fuente: Equión Energía Limited

• Lodo Hueco de 26”

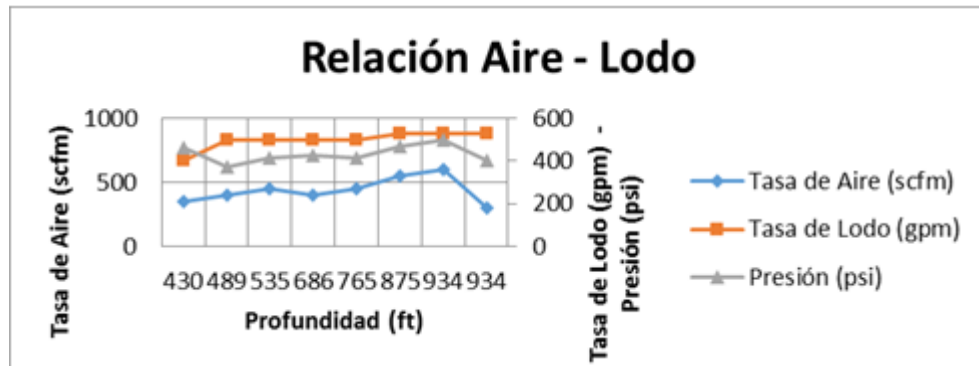
Durante la perforación del hueco de 26” se utilizó un sistema de lodo “POLYMER WBM” de 138 ft hasta 430 ft manejado por la compañía Halliburton Baroid Fluid Systems, con los productos químicos y concentraciones que se relacionan a continuación. En 430 ft se empezaron a tener pérdidas masivas de fluido (300 bph), razón por la cual se decide empezar a inyectar aire al sistema de lodo, se perforó con fluido aireado hasta 938 ft, momento en el cual se empiezan a evidenciar burbujas en el contrapozo. Se terminó la sección con el mismo sistema inicial “POLYMER WBM”.

Tabla 84 Tasas de aire y lodo durante la perforación Fase 26” Pozo Yopal 4

Profundidad (ft)	Tasa de Aire (scfm)	Tasa de Lodo (gpm)	Presión (psi)
430	350	400	460
489	400	500	370
535	450	500	412
686	400	500	424
765	450	500	415
875	550	530	470
934	600	530	500
934	300	530	400

Datos: Equion Energía Limited

Grafica 29 Relación aire-lodo perforación Fase 26” Pozo Yopal 4



Datos: Equion Energía Limited

En la tabla y gráfica anteriores se puede evidenciar la secuencia de tasas de aire y de lodo que fueron utilizadas para la perforación del intervalo de 26” en este pozo. Básicamente se manejaron tasas de aire entre 300 – 600 scfm y tasas de lodo entre 400 – 530 gpm. Con éstas combinaciones se tuvieron presiones entre 370 – 500 psi.

Para mitigar la posible corrosión como consecuencia de la inyección de aire, entre otras medidas se añadió BARACOR 700 y se aplicó BARAFILM a cada tubería.

Tabla 85 Propiedades del lodo Fase 26” Pozo Yopal 4

FLUID PARAMETERS				
WBM	Programmed		Actual	
	Min	Max	Min	Max
MW, ppg	8.5	9.2	8.5	8.9
PV, cP	10	30	45	68
YP, lb/100 ft ²	20	30	20	21
Gels, 10s/10 min/30 min	Non progressive	Non progressive	8/13/15	
API Filt, ml/30 min	<10		6.4	7.0
MBT, ppb	<20		7.5	11.5
pH	8.5	9.5	8.6	9.5
LGS, % by vol	<7		--	2.18

Fuente: Equión Energía Limited

Tabla 86 Productos químicos lodo Fase 26” Pozo Yopal 4

PRODUCT	Programmed Concentration	Average ppb	Minimum ppb	Maximum ppb
AQUAGEL	15	13.9	13.3	14.5
X-TEND II	0.08	0.03	0.01	0.05
BARACOR 700	1.5	1.25	1.0	1.5
BARAZAN	1	0.8	0.7	0.9
BORE-HIB	2	1.87	1.8	1.95
CLAY GRABBER	<0.5	0.28	0.17	0.34
PAC L/R	1.5	1.41	1.35	1.48
PHPA	<0.5	0.31	0.21	0.42

Fuente: Equión Energía Limited

Tabla 87 Volumen de Lodo Fase de 26” Pozo Yopal 4

Volumes (bbls)	Programmed	Actual	Variance
Re Used Fluid from previous section (	900	380	520
Recycled oil supplied by Equion (	N/A	N/A	N/A
OBM Supplied by Equion (	N/A	N/A	N/A
Downhole Losses	14000	2283	11717
Other losses (SCE)	N/A	714	N/A
Total volume used on Interval (active/reserve/pills)	19654	6503	13151
Dilution	906	3715	(2809)
Dilution, bbl/ft	4.0	4.44	(0.46)

Datos: Equión Energía Limited

Se trabajó con lodo POLYMER WBM en combinación con la inyección de aire, con el propósito de controlar las pérdidas del fluido hacia la formación. Se añadieron BARACOR 700 para el control de la corrosión y BARAFILM. Para ayudar al control de pérdidas se bombearon píldoras LCM pero solo cuando la perforación era convencional, es decir, sin fluido aireado.

Eventos de pérdidas de Circulación:

Durante la perforación de ésta sección se tuvo un evento de pérdida de circulación (430 ft). Específicamente en un conglomerado de matriz arenosa dentro de la formación Guayabo y que durante la perforación presentó altas vibraciones.

El procedimiento para controlar las pérdidas fue el siguiente:

1. Se venía perforando con 500 gpm al momento en que se presentaron las pérdidas. Para controlar la situación se redujo la tasa de flujo primero a 450 gpm y luego a 400 gpm sin que se observará ninguna recuperación en la circulación.
2. Se sacó hasta 450 ft.

3. Se dispuso de todo en superficie para iniciar la perforación con aire.
4. Se empezó a perforar con fluido aireado con 400 gpm y 350 scfm.

Pérdidas de fluido durante la sección de 26”

Grafica 30 Perdidas de lodo Fase 26” Pozo Yopal 4



Fuente: Equion Energía Limited

- **Acondicionamiento del hueco para revestir**

El acondicionamiento del hueco para revestir inició una vez terminada la perforación del hueco, es decir, el 27 de septiembre de 2012 a las 20:00 horas y finalizó el 28 de septiembre de 2012 a las 23:59 horas, para un total de 28 horas. La secuencia operativa que se ejecutó para el acondicionamiento se relaciona a continuación:

1. Se circuló a limpio con 650 gpm y 525 psi, mientras se reciprocaba la sarta.
2. Se realizó short trip con bombas desde 1,160 ft hasta 890 ft con 650 gpm y 533 psi.
3. Se observó restricción a 973 ft.
4. Se continuó sacando sin bomba desde 890 ft hasta 116 ft.
5. Se bajó nuevamente desde 116 ft hasta 990 ft mientras se chequean los volúmenes se observa que no hubo desplazamiento. Volumen perdido de 6 Bbl.
6. Se bajó lavando desde 990 ft a 1,160 ft con 600 gpm y 490 psi.
7. Se bombearon y circularon 100 Bbl de píldora de alta viscosidad con 40 gpm y 180 psi. El desplazamiento de la misma se hizo a 600 gpm y 450 psi.
8. Se bombearon y se colocaron en fondo 100 Bbl de píldora de alta viscosidad.
9. Se realizó Flow Check.
10. Se sacó a superficie sin problemas.

Corrida Casing de 20" (K-55, 133 Lb/ft, Conexión Buttress).

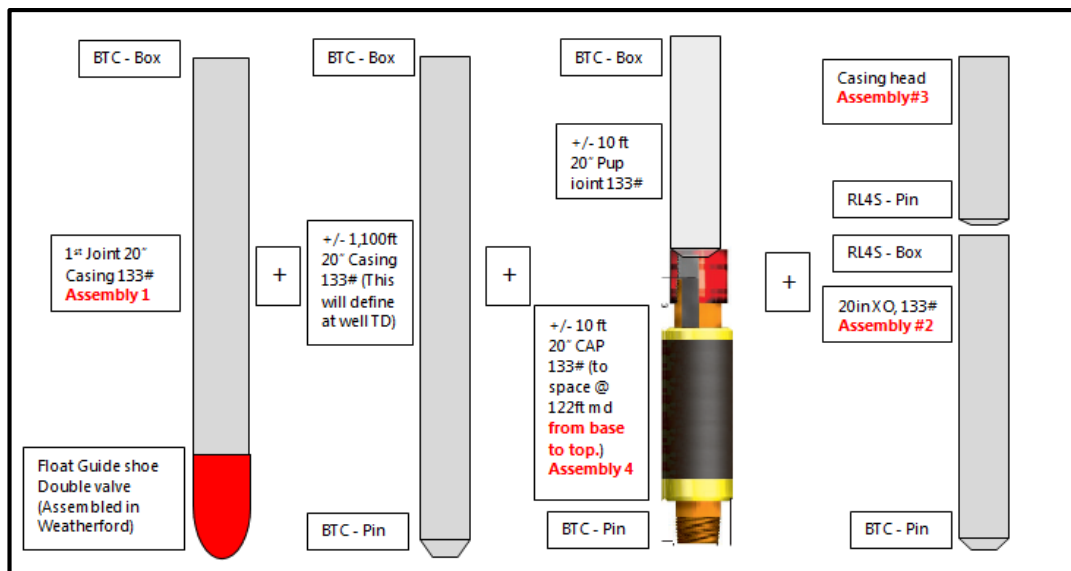
La corrida Casing de 20" inicio el 29 de septiembre de 2012 a las 00:00 horas y finalizó el mismo día a las 20:00 horas, para un total de 20 horas.

A 1,151 ft se sentó casing de 20" de 133 lb/ft con conexiones Buttress. Se aplicó Bakerlok en cada conexión y el torque aplicado fue aproximadamente de 25 K-Lbs/ft. Durante la operación se bajó llenando cada junta con 130 stks, el tiempo cuña a cuña fue de 3 min en promedio.

Básicamente el único problema que se tuvo durante la corrida se dio debido a un mal funcionamiento del Jet del contrapozo por lo que éste se llenó.

En el casing se bajó un Casing Annular Packer, espaciado de tal manera que su ubicación final fuera entre el anular del casing de 30" y el de 20", y con el objetivo de dar aseguramiento a la operación de cementación.

Figura 12 Esquema Casing de 26" Pozo Yopal 4



Fuente: Equión Energía Limited

- **Cementación Casing de 20”**: El trabajo de cementación se ejecutó de la siguiente manera:

Tabla 88 Parámetros durante cementación Fase 26” Pozo Yopal 4

Fluid	Volm (bbl)	Rate (bpm)	Pressure (Psi)
Water	100	3	173-185
Slurry 1 (with steel seal)	100	3	321-344
Slurry 1	280	3	350-379
Slurry 2	150	2	400

Fuente: Equión Energía Limited

La cementación del casing de 20” inició el 29 de septiembre de 2012 a las 20:00 horas y finalizó el 1 de octubre de 2012 a la 01:00 horas, para un total de 29 horas. El diseño original de volúmenes de cemento fue basado en un hueco abierto estimado de 26” más un exceso del 100%. El trabajo se ejecutó sin problemas de acuerdo a la secuencia operacional planeada, luego se necesitó hacer un Top Job, en el cual se bombearon 34 Bbl de lechada de 16 ppg por una sarta macarroni de 1 5/8” a una tasa de 1-2 bpm y 500 psi. El bombeo se llevó a cabo con la unidad de Baker con una tasa promedio de 4.0 bpm y 250-550 psi.

Cuando finalizó el desplazamiento, se apagaron las bombas y se observó una presión remanente de 290 psi, después de 5 minutos se liberó la presión y se obtuvieron 0.8 Bbl como Backflow.

Éste trabajo de cementación se ejecutó en 29 horas por que como se mencionó anteriormente el casing se bajó con un Casing Anular Packer, el empaque se sentó con 1200 psi. El tiempo que tomó ésta operación fue de 5 horas.

Una vez se sentó el empaque se realizó el Top Job en superficie hasta que se tuvieron retornos en superficie. Se apagaron las bombas y se sacaron las tuberías.

• **Instalación y Prueba de Preventoras (21 ¼”)**

La instalación y prueba de preventoras de 21 ¼” inició el 01 de Octubre de 2012 a las 1:00 horas y finalizó el 2 de Octubre de 2012 13:00 horas, para un total de 36 horas.

Después de la perforación ésta fue la operación que más consumió tiempo, la descripción detallada de lo que incluyen las 36 horas se presenta a continuación:

1. Instalación de BOPs (10.5 horas).
2. R/D equipo de aire, instalación Poor Boy, desmonte de las líneas hacia el separador de Weatherford (14 horas).
3. Prueba de Preventoras (11.5 horas).

• **Drill Out del cemento.**

El drill out del cemento inició el 2 de Octubre de 2012 a las 13:00 horas y finalizó el 3 de Octubre de 2012 a las 21:15 horas, para un total de 32.25 horas.

Tabla 89 Información BHA #3 para Drill Out Fase 26” Pozo Yopal 4

Hole Size (inches)	BHA Number	Bit Number	BHA COMPONENTS	MD in (ft)	MD out (ft)	Time in hole			Mud information			
						Circulating Time (hrs)	On Bottom Time (hrs)	String Rotating Time (hrs)	Mud Type	Plastic Visc (cp)	Yield Point	MW (ppg)
18 1/2"	3	3	PDC Bit - Motor - Roller Reamer - PWD - NMDC - Pulser Collar - 9 1/2 DC - 8 1/4 DC - HWDP - Jar - HWDP - Acclerator - HWDP	0	3531	88,30	49,50	50,20	OBM	18	21	9,0

Fuente: Equión Energía Limited

Se corrió BHA # 3, con broca PDC de 18.5" para realizar el drill out del cemento. Se encontró el tope a 1,101 ft, y se perforó cemento desde 1,101 ft hasta 1,115 ft con los siguientes parámetros:

- WOB: 5 – 15 Klbs.
- Caudal de bomba: 400 - 700gpm.
- Presión: 39 – 1000 psi.
- Torque: 5 – 10 Klbs-ft.
- Rpm: 50.

El tiempo de la actividad incluye:

1. Se pararon en la torre 16 juntas de DP de 5 7/8" (4.5 hr).
2. Se realizó simulacro de ataque guerrillero (0.5 hr).
3. Se armó y se corrió BHA #3 hasta 1,101 ft (TOC), (19 hr).
4. Se perforó cemento desde 1,101 ft hasta 1,115 ft (2.25 hr).
5. Se probó el Casing a 475 psi (1.75 hr)
6. Se continuó perforando cemento desde 1,115 ft hasta 1,160 ft (4.25 hr).

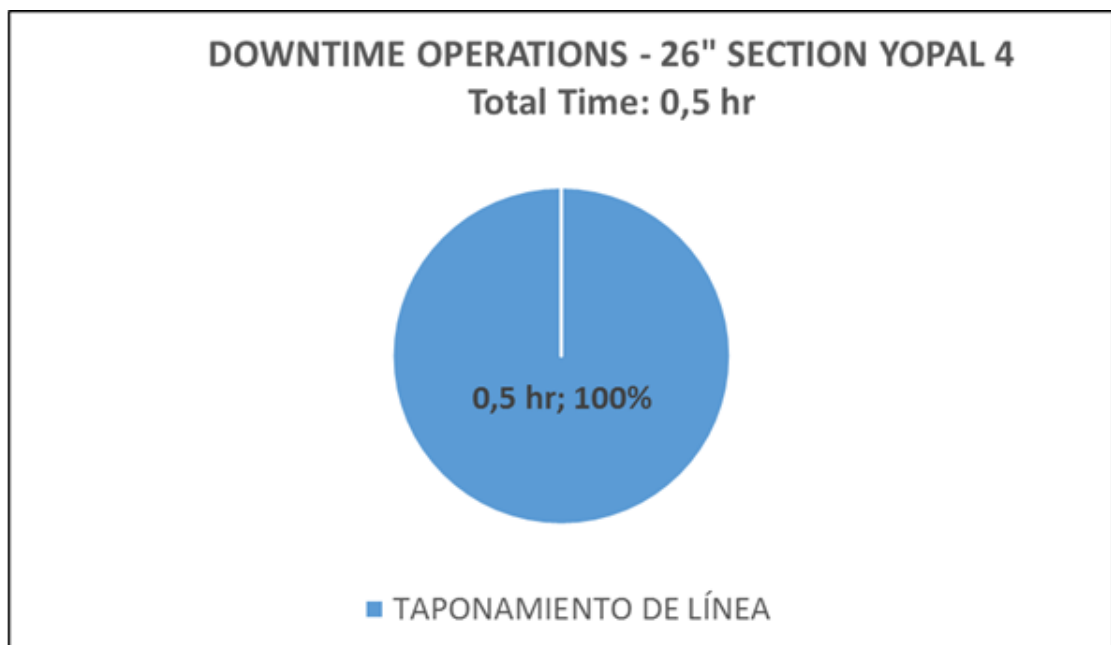
• **Prueba de Integridad a la formación (FIT).**

La prueba de integridad de la formación inició el 3 de Octubre de 2012 a las 21:15 horas y finalizó el 4 de Octubre de 2012 a las 00:45 horas, para un total de 4.5 horas.

Como resultado de la prueba se obtuvo un peso equivalente (EMW) de 11,2 ppg a 150 psi.

3.4.2.4 Análisis de operaciones “downtime”

Grafica 31 Análisis gráfico de las operaciones “downtime” Fase 26” Pozo Yopal 4



Datos: Equión Energía Limited

TAPONAMIENTO DE LÍNEA (0,5 hr) - Durante la corrida del Casing de 20” se presentó un taponamiento en el Jet del Contrapozo. Se cambió la válvula mariposa y se golpeó la tubería para quitar el taponamiento. El tiempo que tomo la solución al problema fue de 0.5 horas.

3.4.2.5 Lecciones y posibles mejoras de la sección de 26”.

- Se comprobó que los sistemas de lodo aireado son efectivos para minimizar las pérdidas de circulación.
- La profundidad de asentamiento del casing de 30” no fue suficiente para evitar la migración de aire a superficie.
- Se comprobó que sentar el casing a una profundidad más somera que la planeada no afecta significativamente el diseño final del pozo.
- Se obtuvieron una limpieza y una estabilización adecuadas del hueco usando 450 scfm y 450gpm.
- No se observaron signos de corrosión en la tubería, lo cual permite pensar que las medidas tomadas para mitigar el riesgo fueron eficientes.
- El uso del Casing Annular Packer así como en el pozo anterior fue efectivo y eficiente.
- Para próximos pozos en donde se esperen pérdidas de fluido, el uso de un lodo tixotrópico es una opción para analizar.

4. LECCIONES APRENDIDAS APLICADAS DURANTE LA PLANEACIÓN DEL POZO YOPAL 5.

En el capítulo anterior se estudiaron a fondo las operaciones que se llevaron a cabo en los cuatro pozos de correlación tenidos en cuenta para la planeación del pozo YOPAL 5; los eventos principales de cada uno de los pozos se presentan como resumen a continuación:

4.1 RESUMEN DE CADA POZO DE CORRELACIÓN

4.1.1 Pozo Yopal 1: El Pozo Yopal 1 inició su perforación en septiembre de 2009, y fue el primer pozo perforado en la locación en la que se planeó el pozo YOPAL 5. Como no se esperaban pérdidas de fluido en la zona, no se tomaron medidas de aseguramiento durante la planeación del Pozo Yopal 1. Cuando se empezó a perder fluido, todos los esfuerzos se concentraron en curar las zonas de pérdidas llevando a cabo diferentes estrategias que tuvieron como resultado la preparación de cerca de 37 píldoras LCM, viscosas, etc. Y por último al balanceo de 8 tapones de cemento. Ninguna de las estrategias surgió efecto, y así después de haberlo intentado todo, se decide perforar ciegos. Pérdidas acumuladas en la sección de 26": 114,889 Bbl.

4.1.1.1 Lecciones y posibles mejoras de la sección de 36" Pozo Yopal 1

- Es necesario hacer una revisión del bit breaker antes de que llegue el momento del arme del BHA.
- Se debe adecuar el equipo de control de sólidos para el manejo del galonaje requerido para la operación.

- Se debe hacer revisiones periódicas a los sensores del equipo para evitar que fallen y que detengan la operación.
- El BHA y la broca seleccionados para la perforación de la fase fueron adecuados, logrando un buen performance.

4.1.1.2 Lecciones y posibles mejoras de la sección de 26”.

- Los mejores resultados durante la perforación se obtuvieron cuando se decidió perforar ciegos.
- Para próximos pozos en donde se esperen características similares a las del Pozo Yopal 1, se deben poner sobre la mesa otras alternativas como la perforación con Casing o la perforación con fluido aireado, de tal forma que se permitan mitigar las pérdidas finales.
- Cuando se tienen pérdidas de fluido masivas se debe simplificar la composición del lodo para no entrar en costos mayores por química.
- Las píldoras bombeadas demostraron no ser efectivas para estos ambientes de pérdidas tan extremos, se deben considerar otras alternativas, ya que el tiempo y el dinero gastado en esa preparación al final no vale la pena.
- Con la experiencia obtenida en este pozo también queda en evidencia el plan logístico que se debe tener en cuanto al suministro de agua, para no detener la operación por carencia del líquido.

4.1.2 Pozo Yopal 2: El Pozo Yopal 2 inició su perforación en septiembre de 2011, y fue el segundo pozo perforado en la locación en la que se planeó el pozo YOPAL 5.

A diferencia del Pozo Yopal 1, para éste pozo ya se esperaban pérdidas masivas de fluido, sin embargo no se estudió la forma de disminuir las pérdidas, por el contrario se decidió perforar ciegos todo el tiempo, razón por la cual se debía tener en locación una logística de suministro de agua muy grande.

Debido a la estrategia de perforación sin retornos implementada, se tuvo una reducción de tiempos de perforación de la fase de 26", pasando de 753,25 hr en el Pozo Yopal 1 a 506 hr en el Pozo Yopal 2. Sin embargo las pérdidas de fluido aumentaron a: 154,939 Bbl.

4.1.2.1 Lecciones Aprendidas Sección de 36" Pozo Yopal 2.

- La Sección salió según lo planeado, por lo que se pueden tomar los BHAs y procedimientos como apropiados para la fase.

4.1.2.2 Lecciones y posibles mejoras de la sección de 26".

- La decisión inmediata de continuar con la perforación aun cuando no se tenían retornos, dio una ventaja con respecto al pozo anterior, y evidentemente generó un ahorro tanto en tiempo como en dinero.
- El uso de píldoras viscosas durante la perforación ayudo a la limpieza del hueco y a minimizar riesgos de pega y empaquetamiento.

- La simplificación de la composición del lodo a penas se perdió el retorno fue una decisión que sin lugar a dudas ahorro tiempo de preparación del mismo y dinero invertido por barril.
- Un total de 154,939 Bbl se perdieron durante la perforación de la sección de 26", para próximos proyectos se deben estudiar alternativas diferentes como la perforación con fluido aireado, con casing, el uso de fluidos tixotrópicos o espumosos.

4.1.3 Pozo Yopal 3: El Pozo Yopal 3 inició su perforación en Enero de 2012, fue perforado en una locación nueva y vecina a donde se planeó el pozo YOPAL 5, el Pozo Yopal 3 fue el primero en utilizar la técnica de perforación con fluido aireado como medida de contingencia a las pérdidas de fluido obtenidas en los dos pozos anteriores.

En la sección de 36", específicamente cuando se iba a bajar el casing de 30", se encontró una restricción a 90 ft que impidió la bajada del revestimiento y trayendo como consecuencia la necesidad de una corrida adicional con ensanchador. Éste evento se tradujo en aproximadamente 16 horas más de operación.

La sección de 26" por su parte fue perforada con fluido aireado principalmente, sin embargo antes de llegar a la TD planeada se empezaron a tener burbujas en el contrapozo, situación que obligo a dar por terminada la fase aproximadamente 1,500 ft antes de lo planeado.

La técnica de perforación con fluido aireado fue efectiva en la reducción de pérdidas de fluido, las cuales fueron de: 7,204 Bbl. Sin embargo, no es correcto comparar las pérdidas del Pozo Yopal 3 con las de los dos pozos anteriores ya que no están perforados en la misma locación.

4.1.3.1 Lecciones y posibles mejoras de la sección de 36” Pozo Yopal 3.

- Es importante contar con un técnico en sitio como soporte para la corrida del Casing.
- Se hace necesario analizar la causa de la restricción a 90 ft al momento de bajar el Casing de 30”, puede atribuirse a presencia de Boulders soportandose en las vibraciones que se dieron durante la perforación.
- Se debe considerar la posibilidad de bajar con ensanchador desde la primera corrida para evitar el problema al correr el casing, aunque se debe hacer un análisis económico del tiempo del viaje adicional y los gastos del ensanchador así como los volúmenes adicionales de lodo y cemento para perforar ya no una fase de 36” si no de 42”.
- Es importante considerar una re-evaluación del procedimiento para acondicionar el hueco, es recomendable si ya se ha logrado una estabilización del mismo no hacer operaciones de Backreaming si no lo requiere.
- El registro de parámetros de perforación son una herramienta importante para realizar el análisis de las operaciones e identificar posibles mejoras, por lo tanto es importante hacer un control de calidad para asegurar que dicha información este completa.

- Se debe analizar si el caudal que se utilizó para este tamaño de hueco si asegura una limpieza del mismo, es decir, si se está minimizando el riesgo de pega de tubería.

4.1.3.2 Lecciones y posibles mejoras de la sección de 26" Pozo Yopal 3.

- Se comprobó que los sistemas de lodo aireado son efectivos para minimizar las pérdidas de circulación.
- La profundidad de asentamiento del casing de 30" no fue suficiente para evitar la migración de aire a superficie.
- Se comprobó que sentar el casing a una profundidad más somera que la planeada no afecta significativamente el diseño final del pozo, en la sección de 18 ½" se incrementaron las ROPs en las formaciones por el cambio de diámetro.
- Se obtuvo una limpieza adecuada del hueco usando bajas tasas de flujo ($Q < 500$ gpm).
- El adecuado uso de motores en el BHA requiere de tasas de aire más altas, lo cual promueve la erosión y presencia de burbujas de aire en el contrapozo.
- El uso de material para control de pérdidas (LCM) no presenta un gran aporte en la solución de dicho problema y si puede taponar los filtros de las bombas y los motores.
- Se confirmó que Guayabo y Charte pueden ser perforadas con ECDs menores de 6 ppg sin que colapsen.

- No se observaron signos de corrosión en la tubería, lo cual permite pensar que las medidas tomadas para mitigar el riesgo fueron eficientes.

4.1.4 Pozo Yopal 4: El Pozo Yopal 4 inició su perforación en Septiembre de 2012, fue perforado en la misma locación del Pozo Yopal 3, el Pozo Yopal 4 fue el segundo de esa locación y el segundo en utilizar la técnica de perforación con fluido aireado como medida de contingencia a las pérdidas de fluido obtenidas en los tres pozos anteriores.

En la sección de 36" se decidió correr el BHA de una vez con ensanchador para de esta manera reducir los tiempos de perforación y corrida de casing de la fase. (Lección aprendida del Pozo Yopal 3).

En la fase de 26" se centraron los esfuerzos en lograr llegar a la TD planeada sin que se presentaran burbujas en superficie, sin embargo por intentar aumentar la ROP y por el buen performance obtenido hasta el momento, se aumentó la inyección de aire y se provocó de esta manera la migración del mismo a superficie.

Por lo tanto la sección de 26" en el Pozo Yopal 4 así como en el pozo anterior termino de manera anticipada.

Las pérdidas acumuladas al final de la fase de 26" fueron de: 2,011 Bbl, este valor es comparable con las pérdidas del Pozo Yopal 3, mas no con las de los pozos 1 y 2 ya que no se encuentran en la misma locación.

4.1.4.1 Lecciones de la sección de 36” Pozo Yopal 4

- Es buena práctica viajar el BHA #1 con ensanchador, ya que se ahorra un viaje adicional (Representación de 15.75 horas en el Pozo Yopal 3).
- No se presentó ningún problema al momento de bajar el revestimiento de 30”, consecuencia también del ensanchamiento inicial del hueco.
- Se debe ejercer más control sobre la calidad de válvulas y conexiones para intentar eliminar esas 2 horas de tiempo “Downtime” en las que se identificaron fugas en la válvula que va del Flow Line a las Scalpers.

4.1.4.2 Lecciones y posibles mejoras de la sección de 26” Pozo Yopal 4

- Se comprobó que los sistemas de lodo aireado son efectivos para minimizar las pérdidas de circulación.
- La profundidad de asentamiento del casing de 30” no fue suficiente para evitar la migración de aire a superficie.
- Se comprobó que sentar el casing a una profundidad más somera que la planeada no afecta significativamente el diseño final del pozo.
- Se obtuvieron una limpieza y una estabilización adecuadas del hueco usando 450 scfm y 450gpm.
- No se observaron signos de corrosión en la tubería, lo cual permite pensar que las medidas tomadas para mitigar el riesgo fueron eficientes.

- El uso del Casing Annular Packer así como en el pozo anterior fue efectivo y eficiente.
- Para próximos pozos en donde se esperen pérdidas de fluido, el uso de un lodo tixotrópico es una opción para analizar.

4.2 PLANEACIÓN POZO YOPAL 5.

Para la planeación de las fases de 36" y de 26" del pozo YOPAL 5, se estudiaron los pozos 1 y 2 porque fueron perforados en la misma locación; y los pozos 3 y 4 ya que ellos además de estar en una locación vecina han usado la técnica de perforación con fluido aireado.

4.2.1 Sección de 36": Para la sección de 36" la guía principal fueron los pozos 1 y 2, ya que presentaron problemas poco relevantes durante su ejecución. Durante la planeación se estudió la posibilidad de correr el BHA de esta sección con ensanchador (Lección aprendida del Pozo Yopal 3), pero se tomó la decisión de no hacerlo, ya que, los pozos 1 y 2 no presentaron ninguna restricción al momento de bajar el revestimiento de 30".

La fase de 36" en el pozo YOPAL 5 se planeó así:

- Profundidad final planeada: 136 ft.
- Perforar la sección en una sola corrida.

- Trayectoria vertical
- Broca Tricónica igual a la de los pozos 1 y 2.
- BHA rotario como en los pozos 1 y 2.
- Todo el equipo de control de sólidos se tendrá en funcionamiento desde el inicio de la perforación.
- En pozo se debía tener el ensanchador de 42" por si se llegaba a necesitar.
- Revestimiento de 30" de 234,3 Lb/ft, grado B de conexión S-T2 Vetco. (Técnico especialista en conexión en sitio a la hora de la corrida).
- Formación a atravesar: Guayabo.
- Antes de iniciar la perforación todas las líneas del taladro deben ser probadas para asegurar que no existan fugas.

Con los aspectos anteriormente nombrados se tomaron en cuenta y se aplicaron todas las lecciones aprendidas de los pozos de correlación.

4.2.2 Sección de 26”: En esta sección se concentraron todos los esfuerzos, ya que en ella se encuentran las zonas más grandes de pérdidas. La técnica de fluido aireado se consideró un éxito en los pozos 3 y 4, sin embargo, los niveles de pérdidas en esos pozos no eran tan grandes como los esperados en el pozo YOPAL 5, y según lo visto en los pozos 1 y 2.

De esta manera se estudió y se decidió iniciar la perforación de la sección con un fluido tixotrópico denominado DRILPLEX y manejado por la compañía de servicios Schlumberger.

Los fluidos tixotrópicos son denominados de ésta manera por sus propiedades reológicas, ya que tienen la característica de comportarse como gel cuando se encuentran en condición estática, estos fluidos van perdiendo viscosidad a medida que aumenta su condición dinámica.

Gracias a sus experiencias y éxitos en otros campos y países, el DRILPLEX fue seleccionado para la perforación del pozo YOPAL 5. El principal objetivo de su uso era que invadiera y sellara las zonas de pérdidas reduciendo así el requerimiento de fluido para perforar la fase.

La Sección de 26" se planeó de la siguiente manera:

- Profundidad final planeada: 2,700 ft.
- Perforar la sección en una sola corrida.
- Es objetivo principal mantener la trayectoria vertical no mayor a 3° de desviación, para evitar riesgo de colisión con los pozos 1 y 2.
- Broca PDC, que asegurará la perforación de los 2,700 ft. Sin tener que sacar el BHA por desgaste de la Broca.

- BHA rotario (sin motor), con MWD (sin el MWD falla se debe sacar el BHA, ya que existe alto riesgo de colisión con los pozos 1 y 2) y Power V (Herramienta direccional de Schlumberger para mantener la verticalidad del pozo).
- Antes de iniciar la perforación de la fase se tendrán preparados 3,000 Bbl de DRILPLEX para evaluar el comportamiento del mismo, si es exitoso se prepararán más.
- Por si ninguna de las medidas de contingencia contra la pérdida de fluidos funciona, se tendrán en pozo 32 Frac Tanks totalmente llenos de agua, así como las 3 piscinas con las que cuenta la locación y se dispondrán de 3 puntos de captación debidamente autorizados por las autoridades ambientales.
- Se realizaron arboles de decisión en los que básicamente se decidió que el sistema de perforación con fluido aireado sería aplicado si las pérdidas superaban los 50 Bph y sí la profundidad era mayor a los 400 ft (Longitud de los elementos de diámetro mayor a 7" en el BHA, ya que el elemento de sello de la cabeza rotativa solo permite el paso a través de ella de elementos de máximo 7").
- Para evitar la presencia de burbujas en el contrapozo y por tanto la terminación anticipada de la fase (Situación presentada en los pozos 3 y 4), se limitó el máximo de aire en el sistema en el 20%. A demás éste valor también es consecuencia de la presencia de herramientas direccionales en el BHA.
- Si las pérdidas eran menores a 50 Bph se ordenaría la preparación de más barriles de DRILPLEX.
- Revestimiento de 20" de 133 Lb/ft, grado K-55, conexión Buttress.

- El revestimiento llevaría como en los pozos de correlación un Casing Anular Packer, espaciado de tal manera que su ubicación final fuera entre el casing de 30" y el de 20", para dar aseguramiento a la operación de cementación.
- La Cementación sería de una lechada principal de 16 ppg, para cementar hasta superficie, sin embargo, se tendría en locación todo el equipo de manejo necesario para el caso de tener la necesidad de realizar un Top Job.

Los puntos anteriores resumen en grandes rasgos la planeación del pozo YOPAL 5 y las medidas de contingencia tomadas para su optimización respecto principalmente a los pozos de correlación 1 y 2.

En el siguiente capítulo presentamos un análisis detallado de la ejecución de las fases de 36" y de 26" del pozo YOPAL 5 y una comparación final de todos los pozos para hacer aún más evidente la optimización en tiempo y costos lograda.

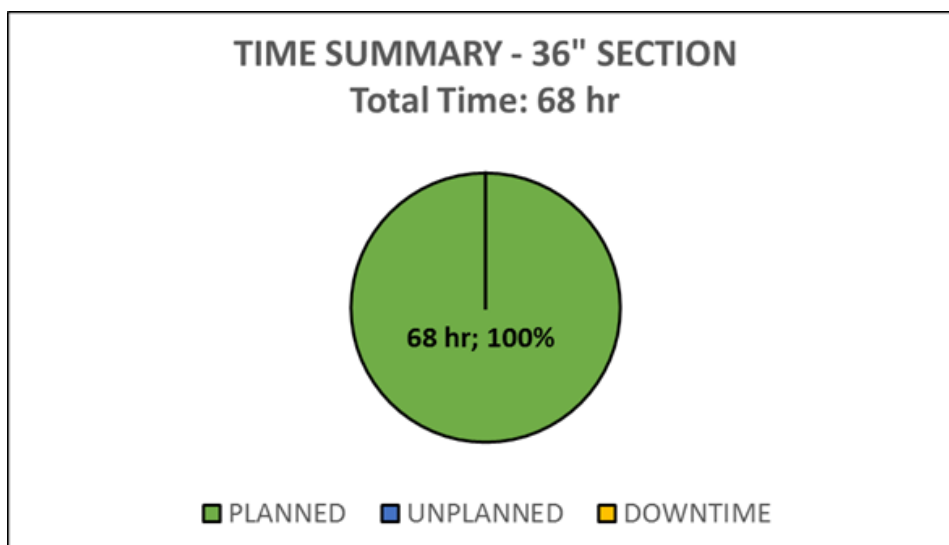
5. POZO YOPAL 5

5.1 ANÁLISIS FASE DE 36" – HUECO CONDUCTOR

5.1.1 Período analizado. Corresponde a todas las actividades que se ejecutaron durante la perforación y revestimiento del hueco conductor de 36". Desde el 12 de Junio de 2015 a las 13:00 horas hasta el 15 de Junio a las 09:00 horas, para un tiempo total de 68 horas analizadas.

5.1.2 Análisis Tiempos de la Sección. A continuación se pueden observar la distribución del tiempo en esta sección:

Grafica 32 Distribución de tiempo en la sección de 36" Pozo Yopal 5



Datos: Equion Energía Limited

En términos generales en el 100% del tiempo (68 hr) se ejecutaron las operaciones planeadas del hueco conductor de 36" (Perforación,

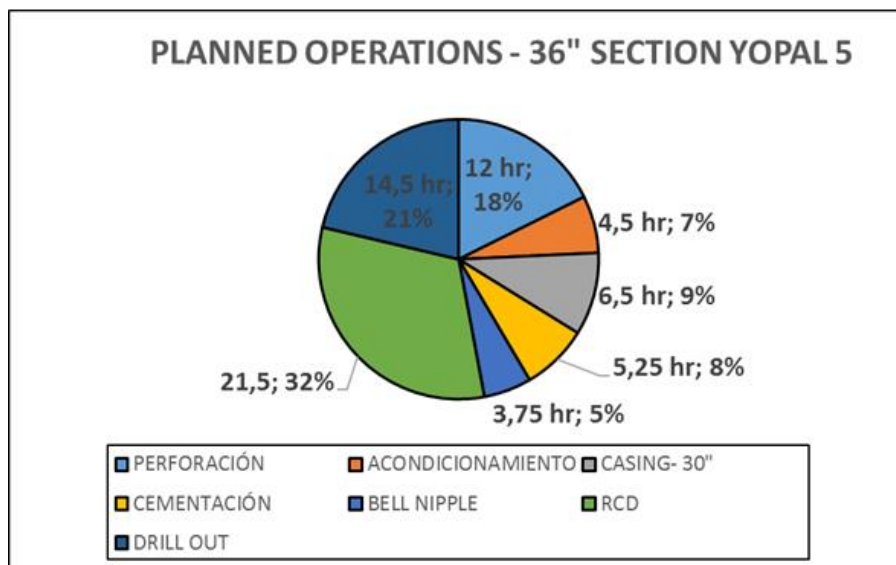
Acondicionamiento del hueco para revestir, Revestimiento, Cementación, Instalación del Bell Nipple y la RCD y Drill Out). Es importante destacar que en la sección no se presentaron pérdidas de tiempo por actividades que se consideraran como problemas operacionales u operaciones por fallas de equipos o herramientas. A continuación se relaciona un análisis detallado de operaciones planeadas.

5.1.3 Análisis de operaciones planeadas

- Análisis gráfico distribución de tiempo – operaciones planeadas

A continuación se presenta un análisis gráfico de las operaciones planeadas que se ejecutaron durante la fase de 36”.

Grafica 33 Análisis gráfico de las operaciones planeadas Fase 36” Pozo Yopal 5



Datos: Equion Energía Limited

- **Perforación hueco conductor de 36”:**

La Perforación del hueco de 36” inició el 12 de Junio de 2015 a las 13:00 y finalizó el 13 de Junio de 2015 a las 01:00, para un total de 12 horas.

Se perforaron 80 ft de la formación Guayabo, desde 50 ft hasta 130 ft en MD, es decir, en una trayectoria vertical, con broca tricónica de 36”, BHA rotario convencional.

- **Parámetros mecánicos, hidráulicos y ROP.**

En esta sección se trabajaron los siguientes parámetros, no se anexa recorte del DDL ya que para el inicio de la sección no se encontraba operativa la unidad de Mud Logging en su totalidad.

Tabla 90 Rangos parámetros hidráulicos, mecánicos y ROP, Fase36”,Pozo Yopal 5

Parámetro	Rango
RPM	60
WOB	5 - 12 Klbf
ROP	7 - 10 ft/hr
Torque	3 – 8 Kft-lb
Caudal de bomba	150 – 300 rpm
Presión	110 – 120 psi

Datos: Equion Energía Limited

- **Brocas Utilizadas**

Esta sección se perforo con broca tricónica de 36”, la broca perforó 80 pies en modo de rotación, para un total de 10 horas en fondo.

A continuación se presentan las especificaciones de la Broca, tomadas del Bit Record del pozo. Su respectivo Bit Report puede ser consultado en el Anexo 2 de este libro.

Tabla 91 Bit Record Fase 36” Pozo Yopal 5

Size	Bit Number	Serial	Type	Footage (ft)	Depth in (ft)	Depth out (ft)	Min WOB (klb)	Max WOB (klb)	Average ROP (fph)	Mud Weight	Dull Grading	Manufacturer
36"	1	PZ9948	Tricone	80	50	130	5	12	8	8,6	0-1-WT-G-E-I-NO-TD	SMITH

Fuente: Equión Energía Limited

- **BHA**

Para esta sección se usó un BHA, a continuación se presenta el detalle del mismo.

Tabla 92 BHA Record Fase 36”Pozo Yopal 5

Hole Size (inches)	BHA Number	Bit Number	BHA COMPONENTS	MD in (ft)	MD out (ft)	Time in hole			Mud information			
						Circulating Time (hrs)	On Bottom Time (hrs)	String Rotating Time (hrs)	Mud Type	Plastic Visc (cp)	Yield Point	MW (ppg)
36"	1	7	Tri Cone Bit - Bit Sub - 9 1/2 DC	0	130	9,00	10,00	10,00	WBM	15	20	8,6

Fuente: Equión Energía Limited

Se levantó y armó el BHA #1 con broca de 36” a través de la formación Guayabo, se perforó desde 50 ft hasta 123 ft con 150 – 300 gpm, 110 – 120 psi, 60 rpm, 4-5 TQ, 10 – 12Klb WOB y 7 – 10 ft/hr. Se circularon los retornos a través de los Cellar Jets con 65 – 70 spm. No se observaron ni pérdidas ni ganancias. Se observaron vibraciones desde 114 ft a 118 ft. Se continuó perforando hasta 130 ft

manteniendo parámetros. Se incrementó la tasa de flujo a 552 gpm, 175 psi, 60 rpm, 8 TQ. Se hizo Reaming y Backreaming desde 130 ft a 55 ft. Se bombearon y desplazaron 90 barriles de píldora viscosa con 600 gpm, 235 psi para limpiar el hueco. Se sacó hasta 55 ft y se bajó lavando a 130 ft con 300 gpm, 117 psi. Se colocaron en fondo otros 90 Bbl de píldora viscosa y se sacó a superficie en elevadores sin restricciones.

- **Formaciones Perforadas:**

Durante la primera sección del pozo se atravesó la formación Guayabo. El intervalo perforado de esta formación está compuesto principalmente por areniscas conglomeradas, Mudstone y Siltstone.

Guayabo se perforó con una broca tricónica de 36". La broca perforó de 50 ft a 130 ft en modo rotación, para un total de horas en fondo de 10 horas.

- **Trayectoria hueco de 36"**

Trayectoria vertical, en esta sección no se tomaron surveys. Sin embargo con el primer Survey de la siguiente sección se evidencia la verticalidad del pozo.

- **Lodo Hueco de 36"**

Durante la perforación del hueco de 36" se utilizó un sistema de lodo "SPUD MUD" manejado por la compañía Schlumberger MI SWACO, con las propiedades y concentraciones que se relacionan a continuación.

Propiedades y Concentraciones del Lodo del Hueco de 36”

Tabla 93 Concentraciones del lodo Hueco de 36” Pozo Yopal 5

Product Name	ppb
COREXIT (JK-34)	0.28
M-I GEL EXPORT	14.98
SODIUM BICARBONATE	0.37
BENEX BEMT EXTENDER	0.01
CAUSTIC SODA	0.14

Fuente: Equion Energia Limited

Tabla 94 Propiedades del lodo Hueco de 36” Pozo Yopal 5

Parámetros del Fluido				
WBM	Planeada		Actual	
	Min	Max	Min	Max
MW, ppg	8.6	8.8	8.5	8.6
PV, cP	10	15	13	15
YP, lb/100 ft ²	15	30	19	20
Gels, 10s/10 min/30 min	8	10	13/18/22	15/19/24
API Filt. ml/30 min	NC	NC	NC	NC
MBT, ppb	<20		5	10
pH	8.5	9.5	8.7	8.8
LGS, %by vol			1.9/17.29	2.65/24.1

Fuente: Equion Energia Limited

Tabla 95 Volumen de Lodo Fase de 36” Pozo Yopal 5

	PROGRAMMED	ACTUAL
TOTAL VOLUME (Bbl)	1760	1452,5

Datos: Equión Energía Limited

Antes de iniciar la perforación de esta sección la bentonita fue pre-hidratada en los tanques del sistema activo durante 20 horas. 1,400 barriles de lodo base agua de 8.6 ppg fueron preparados para el inicio de la perforación de esta sección.

Cuando se alcanzó la profundidad de la fase se circularon 90 Bbl de píldora de alta viscosidad. Después de que se llevó a cabo el viaje de acondicionamiento se colocaron en fondo otros 90 Bbl de píldora viscosa.

- **Acondicionamiento del hueco para revestir**

El acondicionamiento del hueco para revestir inició una vez terminada la perforación del hueco, es decir, el 13 de Junio de 2015 a las 01:00 horas y finalizó el mismo día a las 5:30 horas, para un total de 4.5 horas.

La secuencia operacional que se realizó para el acondicionamiento fue:

1. Se circuló a limpio reciprocando la sarta 10 ft con 522 gpm – 175 psi – 60 rpm – 8 Kft-lbs.
2. Se bombearon y circularon 90 Bbl de píldora viscosa con 600 gpm – 235 psi – 60 rpm – 3Kft-lbs.
3. Se realizó Reaming y Backreaming desde 130 ft a 55 ft con 300 gpm – 115 psi – 60 rpm – 3-6 Kft-lbs.
4. Se bombearon y circularon 90 Bbl de píldora viscosa con 600 gpm – 235.
5. Se hizo Backreaming hasta 55 ft y se bajó lavando con 300 gpm – 117 psi.
6. Se pusieron 90 Bbl de píldora viscosa en fondo y se sacó en elevadores hasta 43 ft sin observar restricción.
7. Se volvió a bajar y a sacar en elevadores sin problema. Se hizo L/D del BHA.

- **Corrida Casing de 30” (234.3 Lb/ft, Grado B, Conexión ST2)**

La corrida Casing de 30” inicio el 13 de Junio de 2015 a las 5:30 horas y finalizó el mismo día a las 12:00 horas, para un total de 6.5 horas. A 121 ft se sentó casing de 30” de 234.4 lb/ft compuesto por un zapato con válvula flotadora y dos juntas de conexión ST-2 Vetco.

- **Cementación Casing de 30”**

La cementación del casing de 30” inició el 6 de Junio de 2015 a las 12:00 horas y finalizó el mismo día a las 17:15 horas, para un total de 5.25 horas. El diseño original de volúmenes de cemento fue basado en un hueco abierto estimado de 36” más un exceso del 100%.

El diseño se hizo para una sola lechada de 16 ppg para cubrir desde el zapato hasta la superficie y 20 pies por dentro del casing de 30” como “shoe track”. Así mismo, el diseño incluía el uso de 40 Bbl de agua fresca como pre flujo para prevenir la contaminación entre el lodo y el cemento, así como para mejorar la adherencia del mismo. El trabajo se llevó a cabo sin problemas y de acuerdo a la secuencia planeada.

La unidad de cementación de Baker bombeó un total de 122 Bbl de lechada de cemento con densidad de 16 ppg, la tasa promedio de bombeo fue de 4 bpm. El desplazamiento se hizo con 17 Bbl de lodo base agua, los cuales se bombearon con la misma unidad de cementación a una tasa promedio de 4 bpm.

Una vez hecho el desplazamiento las bombas se apagaron y se observó el flujo de retorno en la unidad de cementación “Backflow” el cual fue de 2 Bbl.

finalizaron el 14 de Junio de 2015 a las 18:30 horas, para un tiempo total en las dos actividades de 25.25 horas.

- **Drill Out del cemento**

Ésta actividad inició el 14 de Junio de 2015 a las 18:30 horas y finalizó el 15 de Junio de 2015 a las 9:00 horas, para un total de 14.5 horas.

Se corrió BHA # 2, con broca SMITH PDC de 26” para realizar el drill out del cemento. Se encontró el tope a 88 ft, y se perforó cemento desde 115 ft pies con un caudal de bomba de 300 gpm, 445 psi, 60 - 70 rpm y WOB de 2 – 5 Klbs, se hizo el desplazamiento del Spud Mud al lodo DRILLPLEX (1.25 hr), luego se continuó perforando el zapato y el Rat Hole hasta 130 ft.

Tabla 97 Información BHA #2 para Drill Out Fase 36” Pozo Yopal 5

Hole Size (inches)	BHA Number	Bit Number	BHA COMPONENTS	MD in (ft)	MD out (ft)	Time in hole			Mud information			
						Circulating Time (hrs)	On Bottom Time (hrs)	String Rotating Time (hrs)	Mud Type	Plastic Visc (cp)	Yield Point	MW (ppg)
26"	2	2	PDC Bit - Power Drive - SSTB - MWD - SSTB - 9 1/2 DC - 8 1/4 DC - HWDP - Jar - HWDP	0	2410	102.34	77.57	77.57	WBM	2	4	8.4

Fuente: Equión Energía Limited

5.1.4 Análisis de operaciones no planeadas – problemas operacionales

En esta sección no se presentó pérdida de tiempo por problemas operacionales.

5.1.5 Análisis “downtime” – pérdida de tiempo por daño en equipos.

En esta sección no se presentó pérdida de tiempo por daño en equipos.

5.1.6 Lecciones de la sección de 36”.

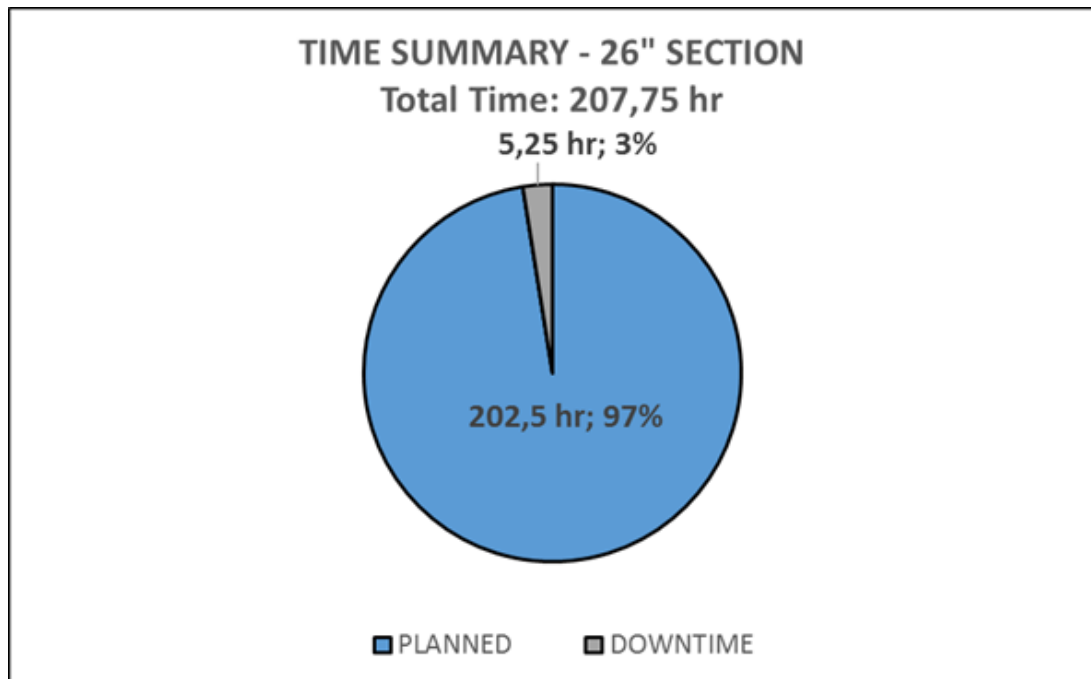
- Se debe tener en cuenta que la running tool del casing de 30” hace parte del equipo de corrida y manejo de revestimiento de Weatherford.
- Es mejor colocar el base plate en el contrapozo completamente (y no parcialmente) abierto al inicio de la corrida del revestimiento y cerrarlo cuando ya se vaya a sentar la ultima junta con el running tool en el mismo.
- Es una buena práctica traer pre-ensambladas líneas del separador de Weatherford, pero además se recomienda que tengan mayor flexibilidad.
- Se puede iniciar el ensamble de las líneas desde la RCD hacía al separador y no desde el separador a la RCD, de tal manera que mientras se termina de hacer el Rig Up de equipos se pueda ir levantando BHA.
- El diseño actual del Bell Nipple dificulta la operación de Rig Up del mismo, se recomienda para operaciones de perforación con aire evaluar la posibilidad de hacerlo en dos secciones optimizando tiempo de Rig Up, eliminando la necesidad de uso de grúa y teniendo la opción de pre-ensamblar la RCD antes de instalarlo en el pozo.

5.2 ANÁLISIS FASE DE 26” – HUECO DE SUPERFICIE

5.2.1 Período analizado: Este análisis incluye todas las actividades realizadas desde el inicio de la perforación del primer pie de 26" el 15 de Junio de 2015 a las 09:00 horas y hasta cuando finalizan las actividades relacionadas con las pruebas de integridad del casing el 24 de Junio de 2015 a las 00:45 horas, para un total de 207.75 horas.

5.2.2 Análisis tiempos de la Sección: En términos generales en el 97% del tiempo se llevaron a cabo operaciones planeadas.

Grafica 34 Distribución de tiempo en la sección de 26" Pozo Yopal 5



Datos: Equion Energía Limited

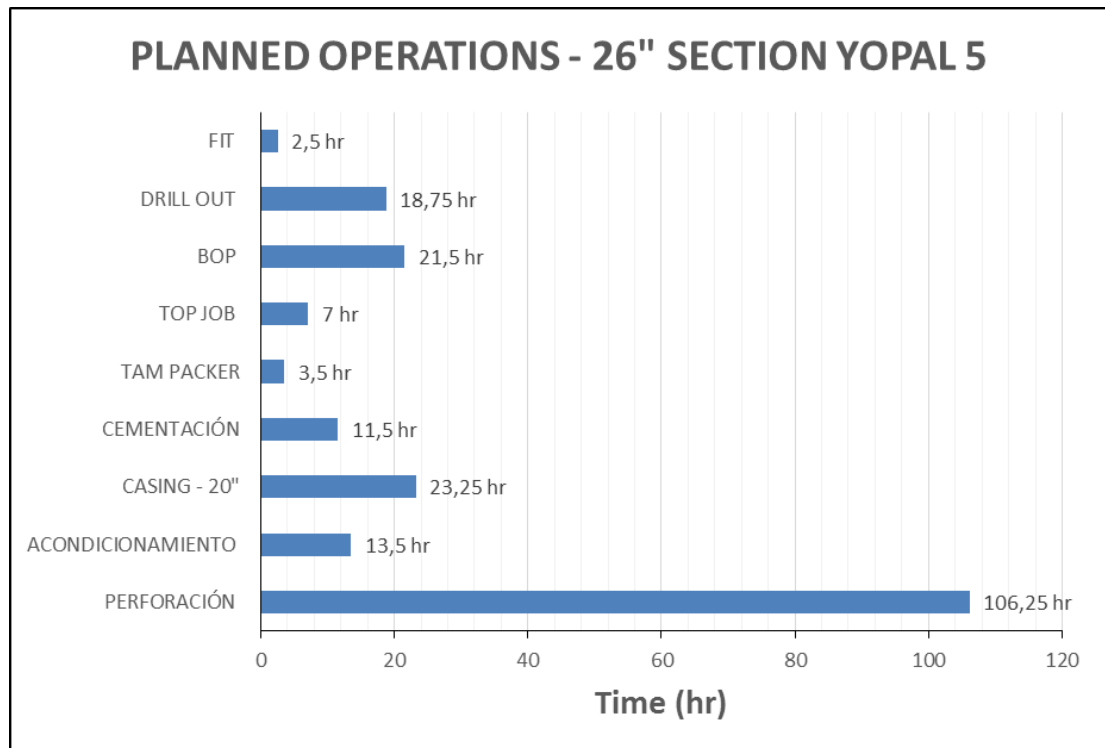
Como lo presenta la gráfica anterior se gastaron un total de 202.5 horas (8.44 días) en operaciones planeadas, 5.25 horas (0.22 días) en operaciones por problemas de equipos o fallas humanas. A continuación se relaciona un análisis detallado de las operaciones antes mencionadas.

5.2.3 Análisis de operaciones planeadas

- Análisis gráfico distribución de tiempo – operaciones planeadas

A continuación se presenta un análisis gráfico de las operaciones planeadas que se ejecutaron durante la fase de 26”.

Grafica 35 Análisis gráfico de las operaciones planeadas Fase 26” Pozo Yopal 5



Datos: Equion Energía Limited

- **Perforación hueco de 26”:**

La Perforación del hueco de 26” inició el 15 de Junio de 2015 a las 09:00 y finalizó el 19 de Junio de 2015 a las 19:15 horas, para un total de 106.25 horas.

Se perforaron 334 ft (130 ft – 464 ft) de la formación Guayabo, 1,007 ft (464 ft – 1,471 ft) de la formación Charte y 939 (1,471 ft -2,410 ft) de la formación León. Para un total de 2,280 ft en MD, es decir, en una trayectoria vertical. A partir del tope de Charte se perdió circulación total. Para ésta sección se utilizó un BHA, que será descrito más adelante.

Esta sección se perforo con varios tipos de fluidos, DRILLPLEX, agua y una combinación de ellos, de 130 ft a 504 ft se utilizó solo DRILLPLEX (fluido tixotrópico), de 504 ft a 691 ft se utilizó DRILLPLEX con cierto porcentaje de aire, de 691 ft a 1,199 ft se usó agua con bentonita y cierto porcentaje de aire, y por último de 1,199 ft a 2,410 ft se perforó con agua y aire. En la tabla se pueden observar los parámetros utilizados con cada tipo de fluido.

Tabla 98 Fluidos utilizados para la perforación de la fase 26” Pozo Yopal 5

	DRILLPLEX	DRILLPLEX + Aire	SPUD MUD + Aire	Agua + Aire
ROP (ft/hr)	28.8	35.5	41.6	34.5
GPM	337	310	310	395
WOB (Klbs)	19	15	25	22
Presión (psi)	725	925	790	1068
TQ (kft-lb)	15	15	15	14

Fuente: Equion Energia Limited

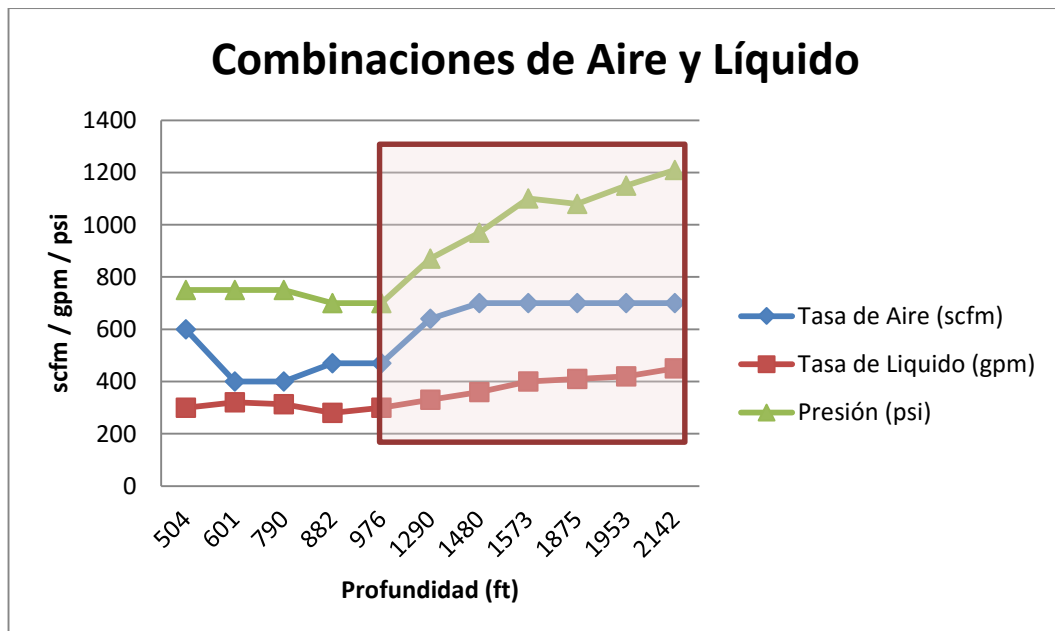
A partir de 464 ft se tuvieron pérdidas totales de retorno, por lo que se decidió empezar con la inyección de aire, en la tabla a continuación se relacionan las relaciones de aire usadas durante la perforación.

Tabla 99 Relaciones de aire usadas durante perforación Fase 26" Pozo Yopal 5

Profundidad (ft)	Tasa de Aire (scfm)	Tasa de Líquido (gpm)	Presión (psi)	ECD (ppg)	%Aire
504	600	300	750	8.8	20.00
601	400	320	750	6.8	19.00
790	400	313	750	6.7	18.00
882	470	280	700	7.1	20.00
976	470	300	700	7.2	20.00
1290	640	330	870	7.4	20.00
1480	700	360	970	---	19.00
1573	700	400	1100	7.4	17.00
1875	700	410	1080	7.6	14.00
1953	700	420	1150	7.5	13.00
2142	700	450	1210	7.4	12.00

Fuente: Equion Energia Limited

Grafica 36 Combinaciones Aire-Líquido Fase 26" Pozo Yopal 5

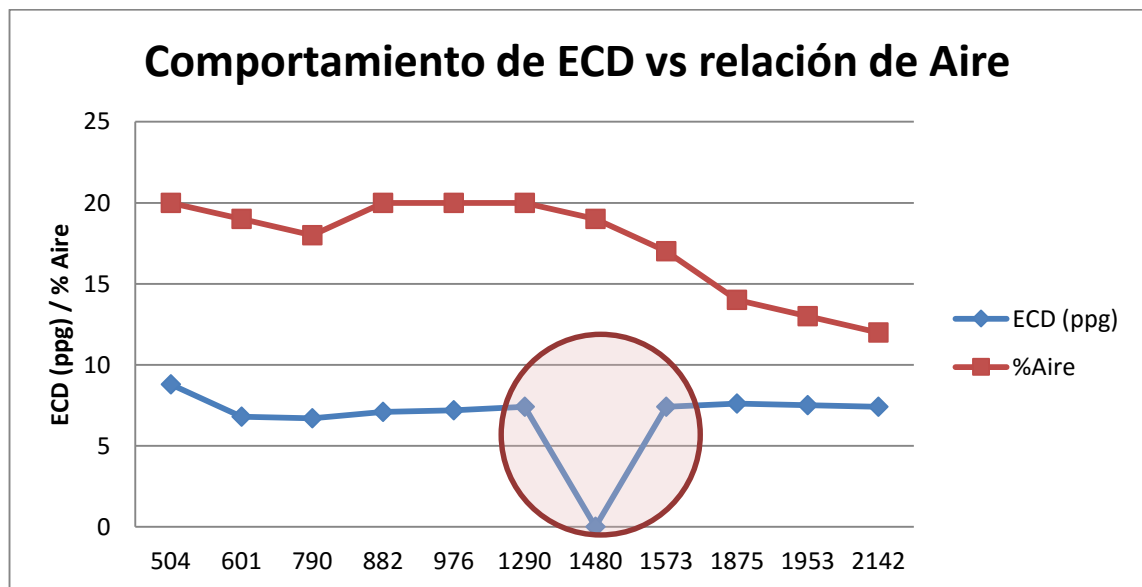


Datos: Equion Energía Limited

Como se puede evidenciar después de 1,240 ft se mantuvo la inyección de aire constante mientras se aumentaba el caudal de líquido para ayudar a la herramienta direccional, ya que a partir de esa profundidad el pozo mostró una tendencia a construir ángulo.

A continuación se presenta el comportamiento de la ECD durante la sección de 26". El valle de la gráfica se debe a fallas en el MWD y por tanto carencia de información en el intervalo, así como señal intermitente de ahí en adelante.

Grafica 37 ECD vs Relacion Aire

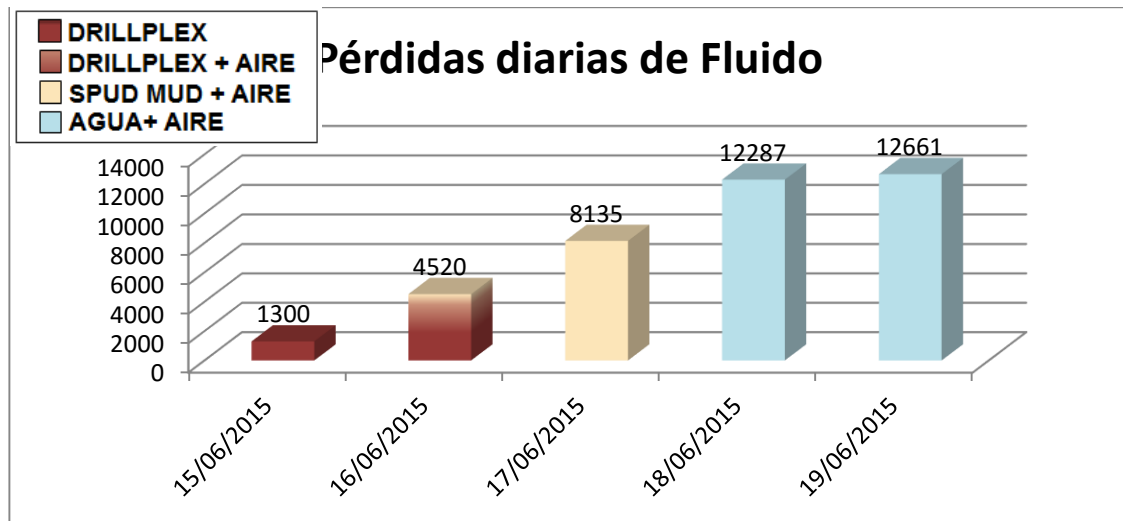


Datos: Equion Energía Limited

A continuación en las gráficas 3 y 4 se relacionan las pérdidas diarias y acumuladas de fluido. Es importante tener en mente que el análisis de las pérdidas debe hacerse teniendo en cuenta que las profundidades a las que se

probaron las combinaciones de los distintos fluidos son diferentes así como los parámetros utilizados en cada intervalo.

Grafica 38 Pérdidas diarias de fluido



Datos: Equion Energía Limited

A la salida del BHA se encontraron algunas conexiones sobre torquedadas, específicamente las conexiones con los estabilizadores, obligando a bajarlos con la junta de la mesa para destorquearlos en la base. Durante la perforación se presentaron algunas vibraciones. Se terminó la sección a 2,410 ft.

- **Parámetros mecánicos, hidráulicos y ROP.**

Tabla 100 Rangos parámetros hidráulicos, mecánicos y ROP, Fase 26” Pozo Yopal 5

Parámetro	Rango
RPM	100-115 rpm
WOB	18 - 35 Klbf
ROP	28 - 41 ft/hr
Torque	10 – 15 Kft-lb
Presión	720 – 1050 psi
GPM	310 – 450 GPM

Datos: Equion Energía Limited

- **Brocas Utilizadas**

Esta sección se perforo con una broca SMITH PDC de 26”, la broca perforó 2,280 ft en modo de rotación, en un total de 77.57 horas en fondo, para una ROP promedio de 29.39 ft/hr.

Tabla 101 Bit Record Fase 26” Pozo Yopal 5

Size	Bit Number	Serial	Type	Footage (ft)	Depth in (ft)	Depth out (ft)	Min WOB (klb)	Max WOB (klb)	Average ROP (fph)	Mud Weight	Dull Grading	Manufacturer
26"	2	SSI619MHEBPX	PDC	2410	0	2410	18	35	29,79		0-1-WT-S-X-1-NO-TD	SMITH

Fuente: Equión Energía Limited

- **BHA**

Tabla 102. BHA Record Fase 26”Pozo Yopal 5

Hole Size (inches)	BHA Number	Bit Number	BHA COMPONENTS	MD in (ft)	MD out (ft)	Time in hole			Mud information			
						Circulating Time (hrs)	On Bottom Time (hrs)	String Rotating Time (hrs)	Mud Type	Plastic Visc (cp)	Yield Point	MW (ppg)
26"	2	2	PDC Bit - Power Drive - SSTB - MWD - SSTB - 9 1/2 DC - 8 1/4 DC - HWDP - Jar - HWDP	0	2410	102,34	77,57	77,57	WBM	2	4	8,4

Fuente: Equión Energía Limited

BHA # 2: Se armó con broca PDC de 26" # 2, el BHA trabajo con 2 tipos de fluido y su combinación con aire. Se corrió desde superficie hasta 88 ft (TOC). Se perforó cemento hasta 115 ft con 300 gpm, 445 psi, WOB 2 – 5 Klbs y 60 rpm. Se circuló un fondo arriba con 450 gpm – 910 psi y 70 rpm. Se bombearon 42 Bbl de agua fresca con 300 gpm – 420 psi y 10 rpm. Se empezó a bombear por pasos el lodo DRILLPLEX. Una vez se ha hecho el cambio a lodo DRILLPLEX se continua con la perforación del zapato hasta 121 ft y posteriormente el Rat Hole hasta 130 ft. Se inició la perforación de la sección de 26" de 130 ft hasta 222 ft con 285 gpm, 520 psi, 100 rpm, 3/5 Klbs TQ, 10 Klbs WOB con pérdidas intermitentes de fluido. Se hizo Reaming y Backreaming de la parada y se continuó la perforación con porcentaje de retorno estable en 20%. A partir de 464 ft se perdió totalmente la circulación razón por la cual se decide empezar con la inyección de aire en 504 ft, se avanzó en la perforación con lodo DRILLPLEX + Aire hasta 691 ft profundidad a la cual se acaba el lodo DRILLPLEX y se decide entonces bombear algo de SPUD MUD de la sección anterior + Aire, de esta manera se avanza hasta 1,199 ft.

Se perforó desde 504 ft hasta 1,070 ft con tubería de 5 7/8", con el fin de no tener que sacar el Rubber para cada conexión, una vez se llegó a 1,070 ft se realizó un viaje corto para cambiar la tubería por el BHA restante.

En 1,199 ft la bentonita estaba siendo agregada al vuelo y no estaba cumpliendo con su tiempo mínimo de pre-hidratación razón por la cual se empezó a bombear solo agua + aire y se implementó una estrategia de píldoras viscosas para darle el tiempo necesario para el buen performance de la bentonita. A partir de 1,240 ft se empieza a notar tendencia del pozo a construir, por lo tanto es necesario controlar el peso sobre la broca y por tanto la ROP. Llegando a la profundidad deseada se tuvo comunicación intermitente con la herramienta MWD.

Se sacó la primera parada en elevadores y cuando se intentó bajar se encuentra una restricción a 2,383 ft la cual se pasó rimando. Ya en fondo se colocaron 300 Bbl de DRILLPLEX (8.4 ppg, 220 sec/qt) con 415 gpm, 820 psi, 10 rpm, 2 kft-lb TQ. Por último se sacó la sarta a superficie.

- **Formaciones Perforadas:**

Durante la sección de 26" del pozo se atravesaron las formaciones Guayabo (130 ft – 464 ft), Charte (464 ft – 1,471 ft) y León (1,471 ft – 2,401 ft). La sección se perforo sin retornos a partir de 464 ft, razón por la cual se estableció el tope de León según prognosis y pozos de correlación. El intervalo perforado de Guayabo, presentó las siguientes características:

Tabla 103 Características intervalo perforado Formación Guayabo Fase 26" Pozo Yopal 5

Profundidad	MDST	CGL	SLTST	SST	ROP avg (ft/hr)
130 ft - 300 ft	80%	20%	0%	0%	24.75
300 ft - 461 ft	70%	0%	20%	10%	42.00

Fuente: Equion Energia Limited

El intervalo perforado de Charte, en donde se tuvieron algunas muestras poco representativas, se presentaron las siguientes características:

Tabla 104 Características intervalo perforado Formación Charte Fase 26" Pozo Yopal 5

Profundidad	MDST	CGL	SLTST	SST	ROP avg (ft/hr)
490 ft - 590 ft	70%	0%	30%	0%	52.00
590 ft - 760 ft	100%	0%	0%	0%	25.32
760 ft - 1,240 ft	100%	0%	0%	0%	33.33

Fuente: Equion Energia Limited

De León no se tuvieron muestras representativas. La tasa promedio de cavings fue de 3.66 bph. El tamaño varió entre 3 mm y 12 mm. Por último la distribución morfológica de los cavings fue 90% Tabular y 10% Retrabajado.

- **Trayectoria hueco de 26”**

El pozo mantuvo una inclinación menor a 1 hasta 1,240 ft, profundidad a la cual empezó a mostrar tendencia a construir, a continuación en la Tabla. 2 se relacionan los surveys tomados en este intervalo de tiempo. El Power Drive salió con altos índices de desgaste y daño a sus Pads. Se recomienda para próximas oportunidades el uso de Pads Tipo III.

Tabla 105 Surveys fase 26” Pozo Yopal 5

Comments	MD (ft)	Incl (°)	Azim Grid (°)
Tie-In	0.00	0.00	17.47
	203.00	0.15	314.03
	300.00	0.00	58.49
	390.00	0.13	240.10
	453.00	0.30	132.80
	548.00	0.22	327.78
	644.00	0.22	253.33
	737.00	0.12	65.35
	833.00	0.06	160.85
	928.00	0.15	44.58
	1051.00	0.31	24.47
	1145.00	0.16	17.61
	1240.00	0.49	355.07
	1335.00	0.80	343.47
	1429.00	1.10	355.16
	1524.00	1.41	352.78
	1619.00	1.81	343.50
	1715.00	2.07	345.86
	1810.00	2.52	348.27
	1904.00	2.47	348.48
	2000.00	2.61	348.76
	2093.00	2.51	343.78
	2190.00	2.61	342.15
	2285.00	3.07	344.25
	2361.00	3.72	346.03

Fuente: Equion Energia Limited

- **Lodo Hueco de 26”**

Durante la perforación del hueco de 26” se utilizó un sistema de lodo “DRILLPLEX” de 130 ft hasta 464 ft manejado por la compañía Schlumberger MI SWACO, con los productos químicos y concentraciones que se relacionan a continuación. En 464 ft se empezaron a tener pérdidas totales de fluido, razón por la cual se decide empezar a inyectar aire al sistema de lodo, se perforó con fluido DRILLPLEX aireado hasta 691 ft, momento en el cual se bombea lodo SPUD MUD de la primera sección + Aire hasta 1,199 ft, después de esa profundidad se bombea solo agua + aire.

Propiedades del Lodo Hueco de 26”

Tabla 106 Propiedades del lodo Hueco de 36” Pozo Yopal 1

Propiedades	Programado		DRILLPLEX		AGUA	
	Mín	Máx	Mín	Máx	Mín	Máx
Densidad, ppg	8.4	8.8	8.4	8.5	8.4	8.4
PV a 120 F, cP	15	25	17	21	1	2
YP, lb/100 ft ²	45	55	48	65	2	4
Geles, lb/100 ft ²	25/30/36	35/42/50	37/41/51	40/46/52	1/3/4	2/4/2007
Filtrado API, cc	<8		7	7.5	NC	NC
pH	9.5	10.5	8	10.5	8	9.3
Cl, ppm	<1500		100	200	100	120
Arena %	<6		2.6	2.6		
MBT, ppb	<20		10	12.25	5	7.5

Fuente: Equion Energia Limited

Tabla 107 Concentraciones de productos en lodo de perforación

Nombre del Producto	Concentración (lb/bbl)
COREXIT (JK-34)	0.01 - 0.07
M-I GEL EXPORT	0.4 - 3.39
SODIUM BICARBONATE	0.03 - 0.1
DUO - TEC	0.09 - 0.10
CAUSTIC SODA	0.02 - 0.1
M-I GEL SUPREME EXPORT	0.21 - 2.30
DRILLPLEX	0.17 - 0.43
SAFE-COR	0.45 - 0.53

Fuente: Equion Energia Limited

Tabla 108 Anotaciones fluidos utilizados

Intervalo	Footage	Tiempo (hr)	Fluido utilizado para Perforar	Pérdidas de Lodo (Bbl)	Pérdidas (Bbl/ft)	Comentarios
130 ft - 504 ft	334	28	DRILLPLEX	3560	10.7	Este es un fluido tixotrópico utilizado como estrategia inicial para reducir las pérdidas de fluido. Se prepararon 3000 Bbl de fluido DRILLPLEX para el inicio de la sección.
504 ft - 691 ft	187	7	DRILLPLEX + Aire	1440	7.70	A 464 ft se presentaron pérdidas totales de circulación por lo que se decide iniciar el sistema de inyección de aire. Una hora después de éste arranque se presentan retornos por baches.
691 ft - 1199 ft	508	28	Agua +Bentonita + Aire	8955	17.63	A 691 ft se acaban los 5000 Bbl de Drillplex y debido a que el pozo tiene pérdidas totales se decide reutilizar el lodo de la sección de 36" conformado básicamente de agua y bentonita acompañado de la inyección de aire.
1199 ft - 2410 ft	1211	43.25	Agua + Aire	24948	20.60	El pozo continúa con pérdidas totales y la bentonita no estaba cumpliendo con su tiempo mínimo de pre-hidratación, razón por la cual se decide empezar a bombear solo Agua con aire.

Fuente: Equion Energía Limited

Tabla 109. Volumen de Lodo Fase de 26” Pozo Yopal 5

	PROGRAMMED	ACTUAL
TOTAL VOLUME (Bbl)	65800	41895,5

Datos: Equión Energía Limited

En la tabla anterior se relaciona un resumen detallado del escenario que se tuvo durante la perforación con cada tipo de fluido. Es importante tener en mente que al hacer una comparación entre ellos se deben analizar también parámetros de perforación y ratas de pérdidas según pozos de correlación.

- **Acondicionamiento del hueco para revestir**

El acondicionamiento del hueco para revestir inició una vez terminada la perforación del hueco, es decir, el 19 de Junio de 2015 a las 19:15 horas y finalizó el 20 Junio de 2015 a las 08:45 horas, para un total de 13.5 horas. La secuencia operativa que se ejecutó para el acondicionamiento se relaciona a continuación:

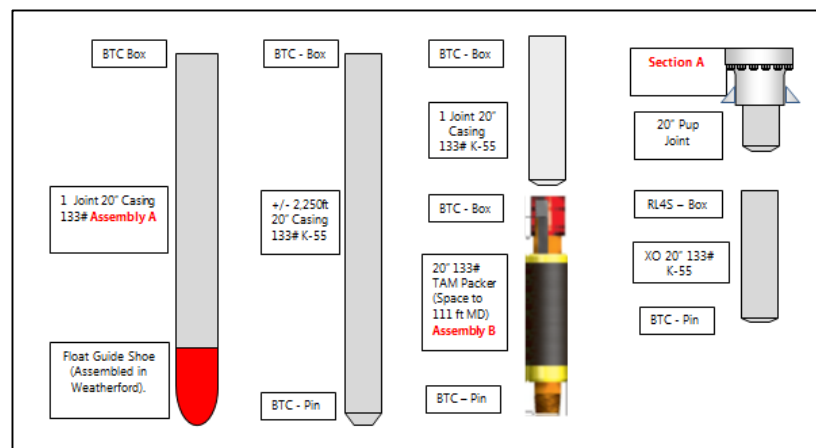
1. Se hizo Reaming y Backreaming de la última parada, se bombearon 90 Bbl de píldora viscosa con 450 gpm + 700 scfm (63 gpm equivalente) – 12% de aire, 1180 psi, 100 – 110 rpm, 7 – 12 Kft-lb TQ.
2. Se sacó desde 2,410 ft hasta 2,043 ft en elevadores. No se observaron restricciones. Se vuelve a bajar hasta 2,383 ft. Se observó un punto apretado a 2,383 ft, en el cual se hizo Reaming y Backreaming para suavizarlo.
3. A 2,410 ft se colocaron en fondo 300 Bbl de DRILLPLEX (8.4 ppg) con 415 gpm, 820 psi, 10 rpm, 2 kft-lb TQ.

4. Se sacó BHA #2 en elevadores desde 2,410 ft hasta 1,073 ft. No se observó Overpull. Se llenó la capacidad de la sarta a través del tanque de viaje.
5. Se hizo L/D del BHA con conexiones de los estabilizadores sobre torquedadas e imposibles de soltar en la mesa.

- **Corrida Casing de 20” (K-55, 133 Lb/ft, Conexión Buttress).**

La corrida Casing de 20” inicio el 20 de Junio de 2015 a las 08:45 horas y finalizó el 21 de junio de 2015 a las 08:00 horas, para un total de 23.25 horas. A 2,398 ft se sentó casing de 20” de 133 lb/ft con conexiones Buttress. Se aplicó Bakerlok en la conexión del ensamble del zapato.

Figura 13 Esquema Casing sección 26” Pozo Yopal 5



Fuente: Equion Energía Limited

En el casing se bajó un Casing Annular Packer, espaciado de tal manera que su ubicación final (110 ft) fuera entre el anular del casing de 30” y el de 20”, y con el objetivo de dar aseguramiento a la operación de cementación (Top Job). En esta

actividad se incluyen 5.5 horas del L/D del Bell Nipple y de la cabeza rotatoria de Weatherford.

- **Cementación Casing de 20"**

La cementación del casing de 20" inició el 21 de Junio de 2015 a las 08:00 horas y finalizó el 22 de Junio a las 6:00 horas, para un total de 22 horas.

El diseño original de volúmenes de cemento fue basado en un hueco abierto estimado de 26" más un exceso del 100%. Se planeó tener 2 lechadas y que cada una ocupara un 500 ft dentro del anular entre el casing de 20" y el hueco de 26", se dejaron 20 ft de Shoe Track y un Rat Hole de 12 ft. El trabajo se ejecutó sin problemas de acuerdo a la secuencia operacional planeada, cuando finalizó el desplazamiento, se apagaron las bombas y se observó una presión remanente de 313 psi, después de 5 minutos se liberó la presión y se obtuvieron 0.5 Bbl como Back Flow.

Luego se necesitó hacer un top job, en el cual se bombearon 32 Bbl de lechada de 16 ppg por dos sartas macarroni de 1 1/8".El bombeo se llevó a cabo con la unidad de cementación. Éste trabajo de cementación se ejecutó en 22 horas que incluyen el inflado del empaque (3,5 hr), el cual se hizo con 0.8 Bbl se sentó con 1200 psi. El tiempo que tomó ésta operación fue de 5 horas.

Una vez se sentó el empaque se realizó el Top Job (7 hr), en superficie hasta que se tuvieron retornos en superficie. Se apagaron las bombas y se sacaron las tuberías.

- **Instalación y Prueba de Preventoras (21 ¼")**

La instalación y prueba de preventoras de 21 ¼" inició el 22 de Junio de 2015 a las 06:00 horas y finalizó el 23 de Junio de 2015 a las 3:30 horas, para un total de 21.5 horas.

Después de la perforación ésta fue la operación que más consumió tiempo, la descripción detallada de lo que incluyen las 21.5 horas se presenta a continuación:

1. Instalación de BOPs (16 horas).
2. Prueba de Preventoras (5.5 horas).

- **Prueba del Casing de 20".**

La prueba del casing inició el 23 de Junio de 2015 a las 03:30 horas y finalizó el mismo día a las 5:15 horas, para un total de 1.75 horas. Para un total de La prueba se llevó a cabo con 1,010 psi. Se bombearon 3.2 Bbl a 0.3 bpm. La presión cayó 5 psi durante los últimos 10 min (0.5psi/min). Se liberó presión y se tuvo un Backflow total de 3.2 Bbl.

- **Drill out del Cemento.**

El drill out del cemento inició el 23 de Junio de 2015 a las 05:15 horas y finalizó el mismo día a las 22:15 horas, para un total de 17 horas.

Se corrió BHA # 3, con broca PDC de 18.5” para realizar el drill out del cemento. Se encontró el tope a 2,290 ft, y se perforó cemento desde 2,290 ft hasta 2,405 ft con los siguientes parámetros:

WOB: 3 – 5 Klbs.

Caudal de bomba: 600gpm.

Presión: 780 psi.

Torque: 5 Kft-lbs.

Rpm: 30 rpm (96 rpm en fondo).

El BHA con el que se realizó la operación se presenta a continuación:

Tabla 111 Información BHA #3 para Drill Out Fase 26” Pozo Yopal 5

Hole Size (inches)	BHA Number	Bit Number	BHA COMPONENTS	MD in (ft)	MD out (ft)	Time in hole			Mud information			
						Circulating Time (hrs)	On Bottom Time (hrs)	String Rotating Time (hrs)	Mud Type	Plastic Visc (cp)	Yield Point	MW (ppg)
18 1/2"	3	3	PDC Bit - Power Drive - Motor - Telescope - NMDC - 9 1/2 DC - 8 1/4 DC - HWDP - Jar - HWDP - Jar - HWDP	0		88,30	49,50	50,20	WBM	18	21	8,7

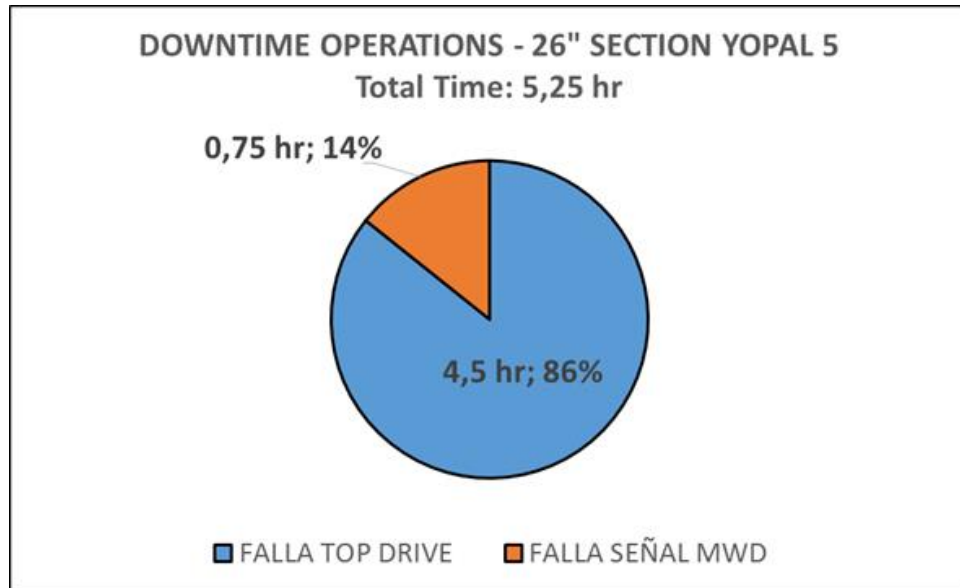
Fuente: Equión Energía Limited

- **Prueba de Integridad del Zapato (FIT).**

La prueba de integridad de la formación inició el 23 de Junio de 2015 a las 22:15 horas y finalizó el 24 de Junio de 2015 a las 00:45 horas, para un total de 2.5 horas. Como resultado de la prueba se obtuvo un peso equivalente (EMW) de 12 ppg a 200 psi.

5.2.4 Análisis de operaciones “downtime”

Grafica 39. Análisis gráfico de las operaciones “downtime” Fase 26” Pozo Yopal 5



Datos: Equión Energía Limited

En esta sección se perdieron 5.25 horas por operaciones Downtime. A continuación se describe en que momento, durante que evento y cuál fue la razón de estas operaciones:

1. **FALLA TOP DRIVE (4,5 hr)** - Durante la perforación de la fase de 26” se tuvo una falla en el sistema modo conexión del Top Drive, razón por la cual éste bajo muy rápido golpeando la tubería y dejando prácticamente el Saver Sub pegado al DP.
2. **FALLA SEÑAL MWD (0,75 hr)** - Durante la perforación de la fase de 26” se tuvo una pérdida de señal de la herramienta MWD, fue necesario enviar algunos comandos para recuperar la señal, ya que el riesgo de colisión con los otros pozos del Path no permitía la perforación sin la herramienta. Para próximas corridas es necesario que la herramienta tenga un aseguramiento de

calidad ya que se podría estar gastando un viaje más solo por la falla de la herramienta.

5.2.5 Lecciones y posibles mejoras de la sección de 26”.

- **HSE**

- Se plantea la opción de recubrir la línea de venteo del patín de inyección de aire para disminuir el ruido.
- Es necesario hacer una revisión a los equipos antes de traerlos a locación, con el fin de traer listos y correlacionados los certificados.
- Se debe hacer control sobre las fechas de vencimiento de los extintores, para traer al pozo las medidas contra incendio en las mejores condiciones.
- Se realizaron charlas durante las reuniones pre-turnos con las cuadrillas familiarizándolos con las operaciones de fluido aireado; se recomienda hacer estas reuniones pre-operacionales y capacitaciones con el fin de aclarar procedimientos y realizar una operación segura.

- **Logística**

- Se tomó una excelente decisión al llenar las piscinas de la locación antes de iniciar la operación de perforación.

- Se usaron piscinas de otras locaciones para suministro de agua ya que se presentaron restricciones en uno de los puntos de captación del agua.
- Se debe ser específicos en los requerimientos de los carrotanques, ya que se presentaron algunos sin bomba para el descargue.
- Para facilitar la logística de la operación a Weatherford, se recomienda que el taladro proporcione el diésel necesario para el funcionamiento de sus equipos.

- **Operaciones**

- Es muy útil contar en pozo con una herramienta que de lecturas de ECD. Pero se debe lograr que ésta funcione durante toda la corrida.
- El fluido fluyó de mejor manera a través de la línea de 8", se notó que el DRILLPLEX no tuvo un buen avance por la línea de 12" debido al diseño y geometría de la misma (en escalera), es necesario tener líneas de flushing como contingencia.
- Se vieron resultados positivos con la estrategia de píldoras viscosas implementada, no se recomienda agregar bentonita al vuelo ya que no cumple con el tiempo de hidratación necesario, para esto se recomienda pre-hidratarla y bombearla en forma de píldora.
- El "Power Drive" no tuvo el mejor performance, se debe estudiar la razón de su alto grado de desgaste para mejorarlo en futuros pozos.
- Se deben llevar las herramientas a "full parameters" lo más rápido posible.

5.3 PERFORMANCE DE LAS SECCIONES DEL POZO YOPAL 5

Tabla 112 Varianza de tiempo según tiempo reportado en el AFE

	AFE					
	Clear AFE Time (hr)	NPT Plan (hr)	TOTAL AFE TIME (hr)	Actual (hr)	Variance W/O NPT (hr)	Variance W/NPT (hr)
Drilling 36"	23,75	2,14	25,89	16,50	7,25	9,39
Casing 30"	74,00	6,66	80,66	51,50	22,50	29,16
Drilling 26"	244,47	22,00	266,48	119,75	124,72	146,73
Casing 20"	159,24	14,33	173,57	88,00	71,24	85,57

Datos: Equion Energia Limited

En la tabla anterior, los términos utilizados tienen los siguientes significados:

- Clear AFE Time: tiempo que se estima va a durar la operación y el cual se encuentra en el plan de perforación del pozo.
- NPT Plan: tiempo no productivo, estimado a partir de pozos de correlación.
- TOTAL AFE TIME: es la suma de los dos anteriores.

$$TOTAL\ AFE\ TIME = Clear\ AFE\ Time + NPT\ Plan$$

- Actual: tiempo real que llevó la realización de la operación
- Variance W/O NPT: Es la diferencia entre el tiempo reportado en el AFE y el tiempo actual sin tener en cuenta el NPT (Tiempo no productivo).

$$Variance\ W/O\ NPT = Clear\ AFE\ Time - Actual$$

- Variance W/NPT: Es la diferencia entre el tiempo reportado en el AFE y el tiempo actual teniendo en cuenta el NPT.

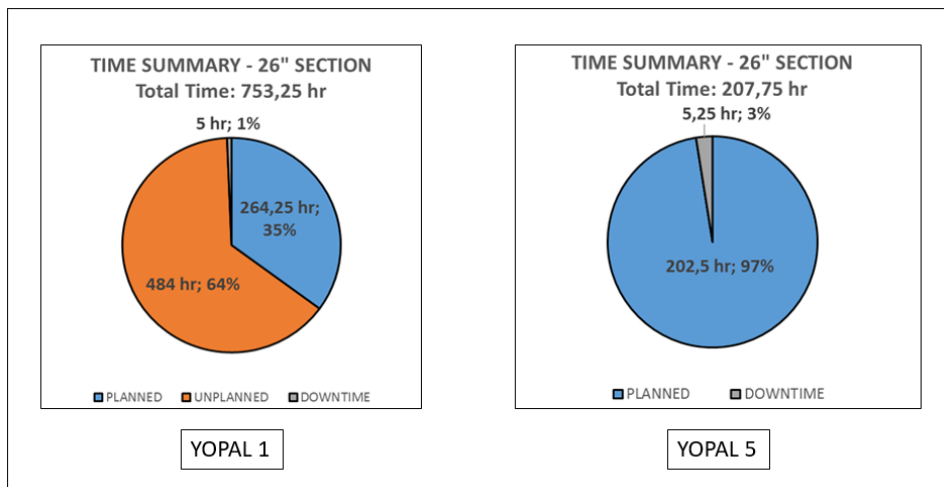
$$\text{Variance } W/NPT = \text{TOTAL AFE TIME} - \text{Actual}$$

Como se puede observar en la tabla, los tiempos de las secciones estuvieron por debajo del tiempo planeado en el AFE.

5.4 EVIDENCIA DE LA OPTIMIZACIÓN DEL POZO YOPAL 5

La mejor evidencia de la optimización se presenta en la comparación del tiempo gastado en operaciones no planeadas entre el Pozo Yopal 1 y el Pozo Yopal 5, de esta manera se puede observar que se redujo este tiempo en un 100% por la identificación e implementación de las lecciones aprendidas en los pozos de correlación.

Grafica 39. Comparación Fase de 26" entre el Pozo Yopal 1 y el Pozo Yopal 5



Datos: Equion Energía Limited

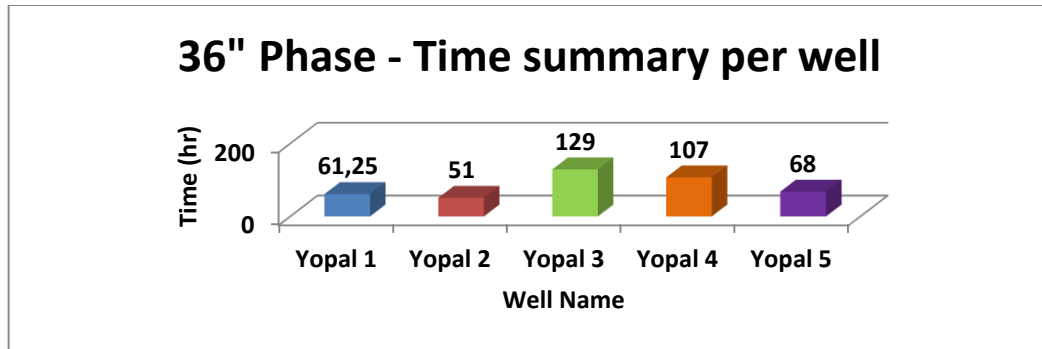
En la tabla a continuación se encuentran los tiempos de todos los pozos usados en este estudio, con el fin de poder evidenciar la curva de aprendizaje que se ha tenido hasta la actualidad.

Tabla 113 Tiempos y comentarios de las actividades

	Tiempos por Actividad (hr)					Comentarios
	Yopal 1	Yopal 2	Yopal 3	Yopal 4	Yopal 5	
36" Phase						
MD end (ft)	137	136	134	138	130	
Drilling	13,5	13,5	18,5	22	12	Yopal 4. Perfora de una vez con Ensanchador.
Conditioning f/csg	5	5,75	4	5,5	4,5	
Csg - 30"	4,25	8,5	25,5	12,5	6,5	15.75 horas en Yopal 3 debido a restricción a 90 ft y viaje adicional para ensanchar
Cementing	7,75	6,75	8,5	9	5,25	
Bell Nipple	18,75	7,5	6	4	3,75	
RCD	0	0	22,5	24	21,5	Todos los tiempos incluyen los trabajos de Soldadura.
Drill Out	12	9	44	30	14,5	Yopal 3 incluye 14.5 hr de parada de tubería a la torre.
Totales (hr)	61,25	51	129	107	68	
Totales (días)	2,55	2,13	5,38	4,46	2,83	
26" Phase						
MD end (ft)	2.370	2.626	1.216	1.160	2.410	
Drilling	631	337,25	225	105	106,25	Yopal 3 utilizó 2 BHA's.
Conditioning f/csg	13,5	16,75	0	28	13,5	Yopal 3 apenas evidencio burbujas en el cellar, circulo y saco a superficie, no realizó ni short trip ni Wiper trip. Yopal 2 incluye tiempo de cortada de clabe y de L/D Bell Nipple
Csg - 20"	28,25	33	24	20	23,25	
Cementing	25	29,75	26	15	11,5	Todos los pozos bajaron Casing Annular Packer e hicieron Top Job.
TAM PACKER	3,25	8,75	7,25	5,5	3,5	En Yopal 2 el inflado del empaque fue fallido.
Top Job	5,25	31,5	2,75	8,5	7	Yopal 2: Hizo top Job en varias etapas.
BOP	24	26	59,5	36	21,5	Yopal 3 realizo el R/D del Equipo de Aire de WTF entre el arme y la prueba de preventoras (33 hr).
Drill Out	18,75	21	4	32,25	18,75	Yopal 4 incluye prueba al casing a 1,115 ft.
FIT	4,25	5	19	3,5	2,5	
Totales	753,25	509	367,5	253,75	207,75	
Totales (días)	31,39	21,21	15,31	10,57	8,66	

Fuente: Equion Energia Limited

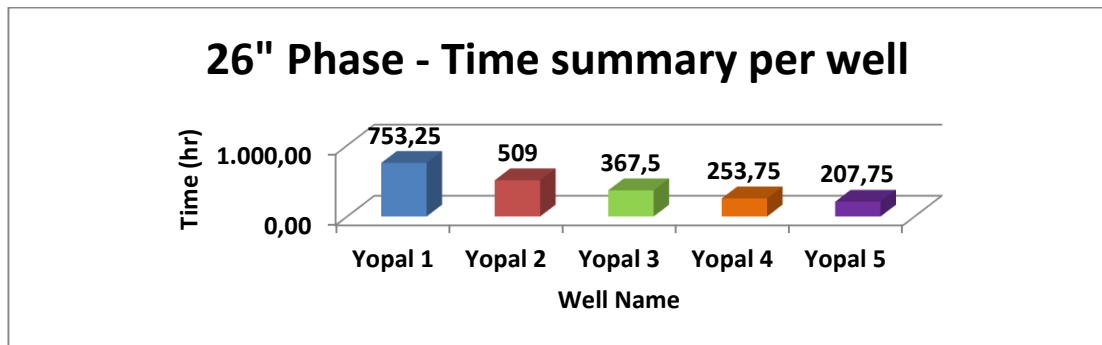
Grafica 40. Resumen de tiempo por pozo Fase 36"



Datos: Equion Energía Limited

Es importante notar que del pozo Yopal 2 al pozo Yopal 3 hay un aumento en los tiempos de duración de la fase, y por lo tanto no se evidencia muy bien la curva de aprendizaje, sin embargo, esto se debe a que a partir del pozo Yopal 3 se empezó la implementación de la técnica de perforación con fluido aireado y por lo tanto durante la fase de 36" se debe hacer el montaje o "Rig Up" de todos los equipos necesarios para la perforación de la siguiente fase, aumentando así el tiempo final gastado en la ejecución de la fase de 36". Por otro lado podemos evidenciar que a partir del pozo Yopal 3 y hasta el pozo Yopal 5 se ha tenido reducción de tiempos en la fase, lo que indica que cada vez el Rig up de los equipos de fluido aireado es más eficiente.

Grafica 41 Resumen de tiempo por pozo Fase 26"

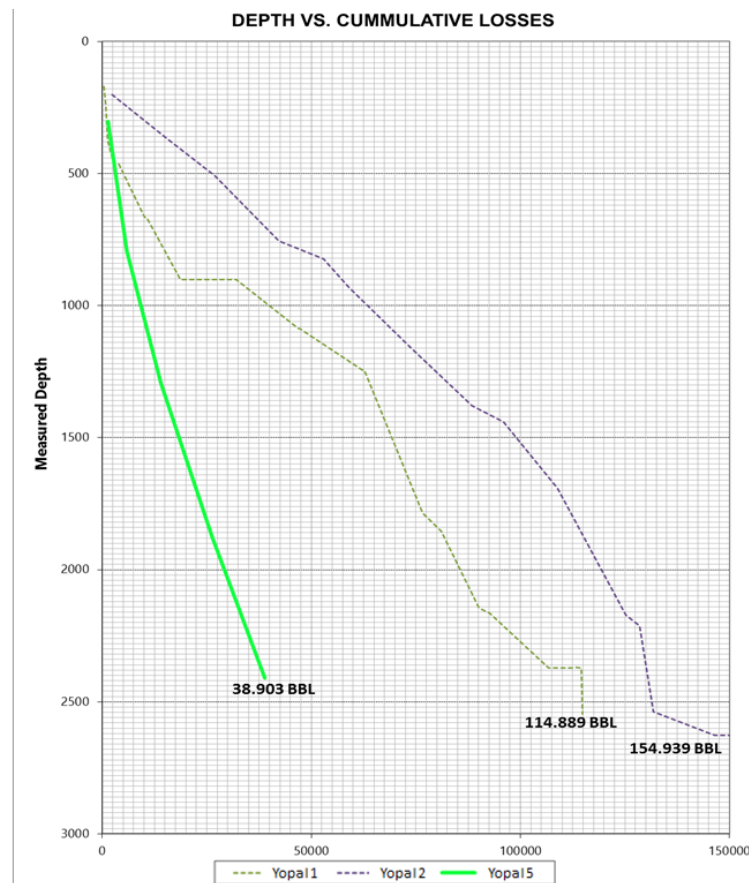


Datos: Equion Energía Limited

En las gráficas y tablas anteriores es evidente la curva de aprendizaje que se ha tenido respecto a la perforación de la sección de 26" a medida que se avanza en el número de pozos perforados, lo que deja entrever que todo el esfuerzo que se ha aplicado tanto en planeación, logística, y ejecución ha dado resultados.

Además en la siguiente gráfica se puede evidenciar el éxito que se ha tenido debido a las diferentes técnicas de perforación aplicadas para la reducción de pérdidas de fluido, es decir, se concluye que vale la pena la aplicación de la técnica de perforación con fluido aireado en combinación con el uso de un fluido tixotrópico como el DRILPLEX.

Gráfica 42 Profundidad vs Perdidas de fluido cumulativas



Fuente: Equión Energía limited

A continuación se presenta la reducción en tiempo de cada pozo respecto al inmediatamente anterior en porcentaje.

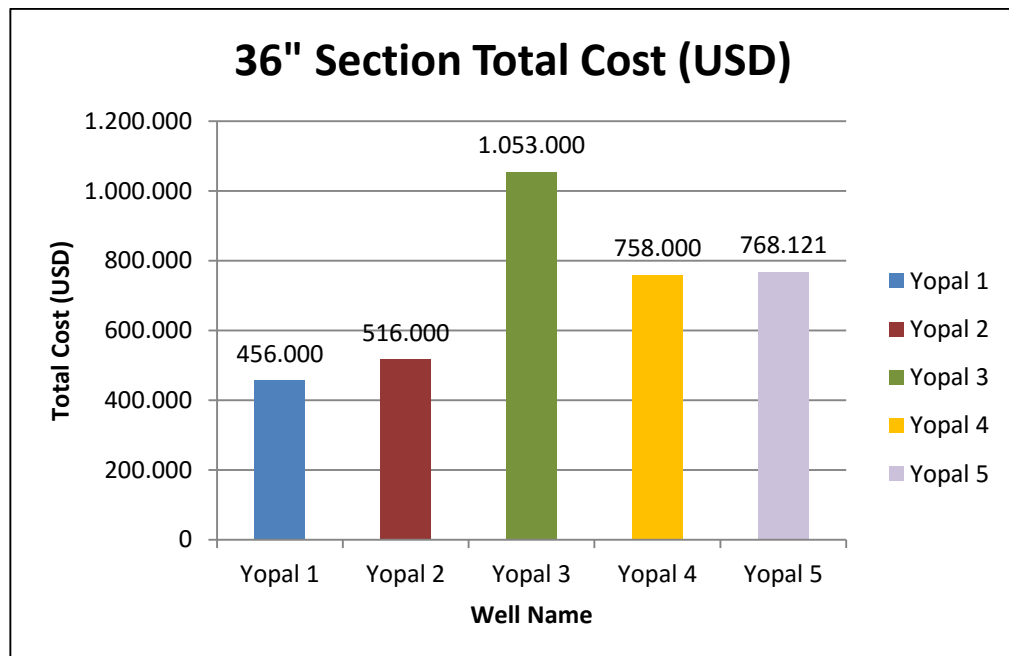
Tabla 114 Reducción de tiempos en cada pozo

Pozo	Tiempo	Reducción respecto al pozo anterior	Reducción respecto al Pozo Yopal 1
Yopal 1	749		
Yopal 2	506	32,44%	32,44%
Yopal 3	367,5	27,37%	50,93%
Yopal 4	253,75	30,95%	66,12%
Yopal 5	200,25	21,08%	73,26%

Fuente: Equion Energía Limited

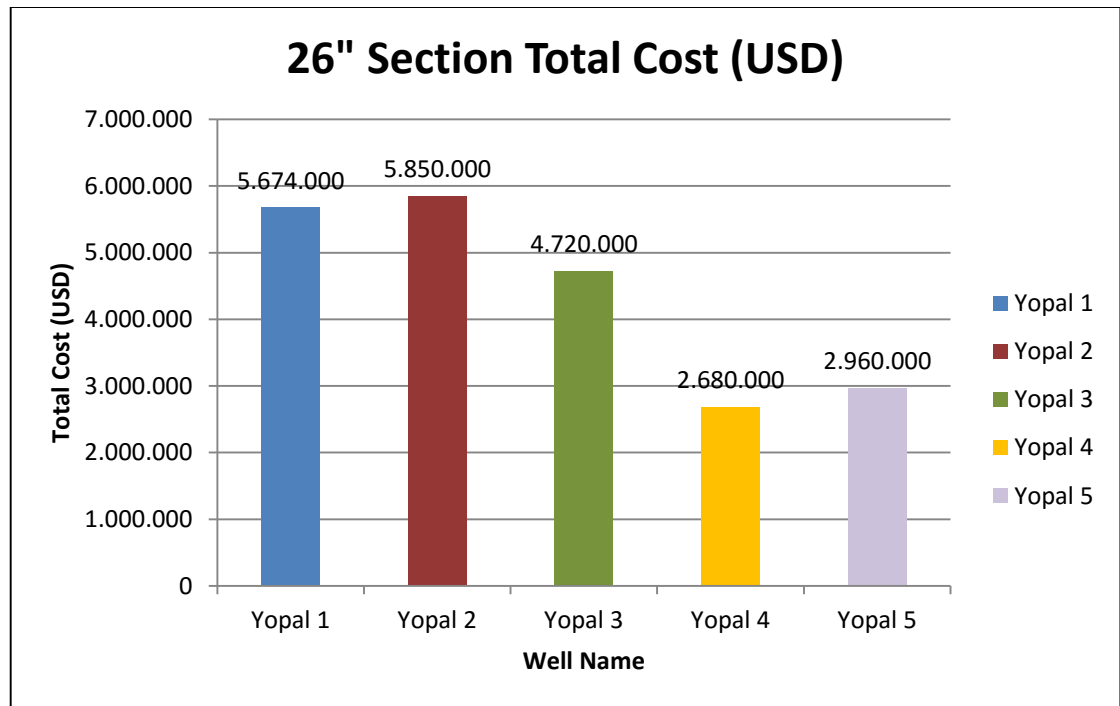
Y Por último se presenta una comparación de costo aproximado de las fases de 36" y 26" en cada uno de los cinco pozos.

Grafica 43 Comparación de costos Fase 36" entre los cinco pozos



Datos: Equion Energía Limited.

Grafica 44 Comparación de costos Fase 26" entre los cinco pozos



Datos: Equion Energía Limited.

6. CONCLUSIONES

- Con el documento se demuestra la importancia de hacer un análisis detallado de los pozos de correlación, ya que en ellos están las posibilidades de identificar los problemas potenciales y sus posibles causas, para de esta manera tomar medidas que eviten que éstos se vuelvan a presentar.
- La metodología planteada para el estudio de pozos de correlación presenta una herramienta útil y eficiente en la identificación de problemas potenciales.
- El pozo Yopal 1 nos deja como conclusión que no es viable parar la perforación intentar controlar las pérdidas, ya que en ambientes de pérdidas tan extremos las medidas de contingencia en la mayoría de los casos, no surgen efecto.
- A partir de la experiencia en el Pozo Yopal 2 podemos evidenciar que es posible perforar sin retorno de lodo a superficie, sin embargo, las pérdidas de fluido siguen siendo muy grandes.
- La perforación con un fluido de baja densidad como es el lodo aireado se refleja en un aumento de la ROP, sin embargo, no por esto se debe inyectar demasiado aire al sistema ya que como consecuencia tendremos presencia de burbujas en superficie y quizá la terminación de la fase de forma anticipada como en los pozos Yopal 3 y 4.
- La estrategia de perforación utilizada para el pozo Yopal 5 (fluido tixotrópico + fluido de baja densidad), así como toda su planeación dio excelentes resultados, demostrando ser eficiente y un ejemplo para operaciones futuras.

7. RECOMENDACIONES

- Se recomienda continuar con el documento para todas las fases, así se convertirá en una herramienta útil y de fácil acceso para quien quiera saber algo específico de cualquiera de los pozos aquí relacionados. A demás permite cualquier consulta rápida durante la operación.
- Se recomienda en caso de perforar otro pozo en la misma localización de los pozos Yopal 3 y 4, aplicar la técnica de perforación con fluido tixotrópico, ya que en estos las pérdidas esperadas son menores que en los pozos Yopal 1 y 2 y quizá éstas se puedan reducir a cero.
- Se recomienda en caso de perforar otro pozo en la misma localización del pozo Yopal 5 utilizar la misma combinación de técnicas (Fluido tixotrópico y fluido de baja densidad) ya que los resultados fueron mejor de lo esperado.
- Se recomienda analizar la posibilidad de usar lechadas de cemento tixotrópicas y de baja densidad para darle mayor aseguramiento a esta operación, así mismo se recomienda la toma de un registro que permita evidenciar la calidad del trabajo de cementación.

BIBLIOGRAFIA

- [1] AFANADOR, C Y DELGADO, L. Viabilidad técnica y económica de la perforación underbalanced aplicada al Campo Escuela Colorado. Tesis de grado. Universidad industrial de Santander. 2008.
- [2] AMOROCHO, D. Y TELLO, S. Programa para la perforación de un futuro pozo Patia-2 en la cuenca Cauca-Patía tomando como correlación la información obtenida del pozo ANH-PATIA-1-ST-P. Tesis de grado. Universidad Industrial de Santander. 2013.
- [3] CALDERON, Z. Y PÉREZ, M. Orientaciones prácticas para la elaboración exitosa de trabajos de grado en ingeniería. Universidad Industrial de Santander. Bucaramanga, 2011.
- [4] CARDENAS, C. Y SÁNCHEZ, J. Optimización de la hidráulica de perforación en los pozos estratigráficos profundos de la cuenca Cauca-Patía. Tesis de grado. Universidad Industrial de Santander. 2012.
- [5] DEEKS, N.R. AREVALO, Y. I. Y FERNANDES A.J. A WITSML Enable workflow for integrating offset well drilling risks and events into well planning and execution. Presentado en SPE intelligent Energy international held in Utrecht. Netherlands, March 2012.
- [6] HUSSAIN, R. Well Engineering and Construction. H.Rabia, Entract Consulting, 2002.
- [7] HUSSAIN, R. Oilwell Drilling Engineering, Principles and Practice. Mayo, 1986.

[8] KARLSSON, H. BRASSFIELD, T. Y KRUEGER, V. Performance Drilling Optimization. Presentado en, SPE/IADC Drilling Conference. Louisiana. Marzo, 1985.

[9] KENDALL, H.A. Y GOINS W.C. Design and Operation of Jet-Bit programs for maximum hydraulic horsepower, impact force or jet velocity. Presentado en, Annual Fall Meeting of SPE. Dallas, Octubre 1959.

[10] LEADING EDGE ADVANTAGE. INTRODUCTION TO UNDERBALANCED DRILLING. 2002

[11] LOPEZ, E. Desarrollo de un simulador numérico para la perforación bajo balance. Tesis de grado. Universidad autónoma de Mexico. 2011

[12] LUMMUS, J. SPE-AIME Y PAN AMERICAN PETROLEUM CORP. Drilling Optimization. Journal of Petroleum Technology. Noviembre 1970.

[13] MESA, C. Y ROCHA, E. Programa para la perforación de un futuro pozo en la cuenca Tumaco tomando como correlación la información obtenida del pozo ANH-BVTURA-1-ST-P. Tesis de grado. Universidad Industrial de Santander. 2013.

[14] PAES, P. et al. Cost-Effective Drilling Optimization Technologies in Campos Basin. Presentado en, SPE Latin American and Caribbean Petroleum Engineering Conference. Brasil, Junio 2005.

[15] PRUNER, H. Guidelines for oil drilling programs. Oil Investment Institute. Greenwich, Connecticut.

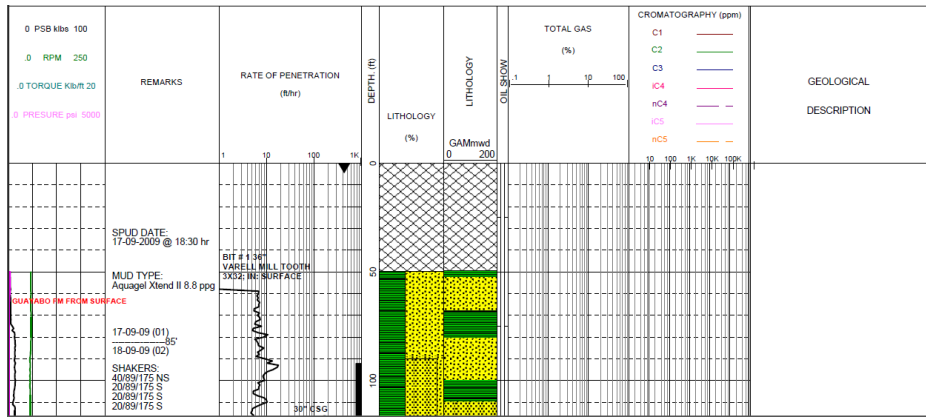
[16] RAMPERSAD, P.R. et al. Drilling optimization using drilling data and available technology. Presentado en, Latin American and Caribbean Petroleum Engineering Conference. Argentina, Abril 1994.

[17] SEPULVEDA, O. Evaluación de las oportunidades de perforación underbalanced en el campo colorado. Tesis de grado. Universidad industrial de Santander. 2010

ANEXOS

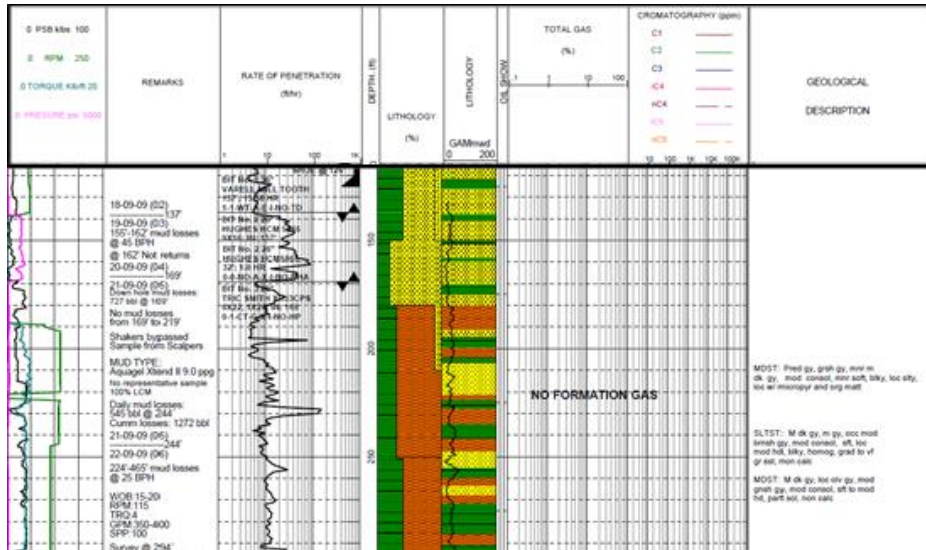
ANEXO A: REGISTROS DURANTE LA PERFORACIÓN DE LOS POZOS DE CORRELACIÓN

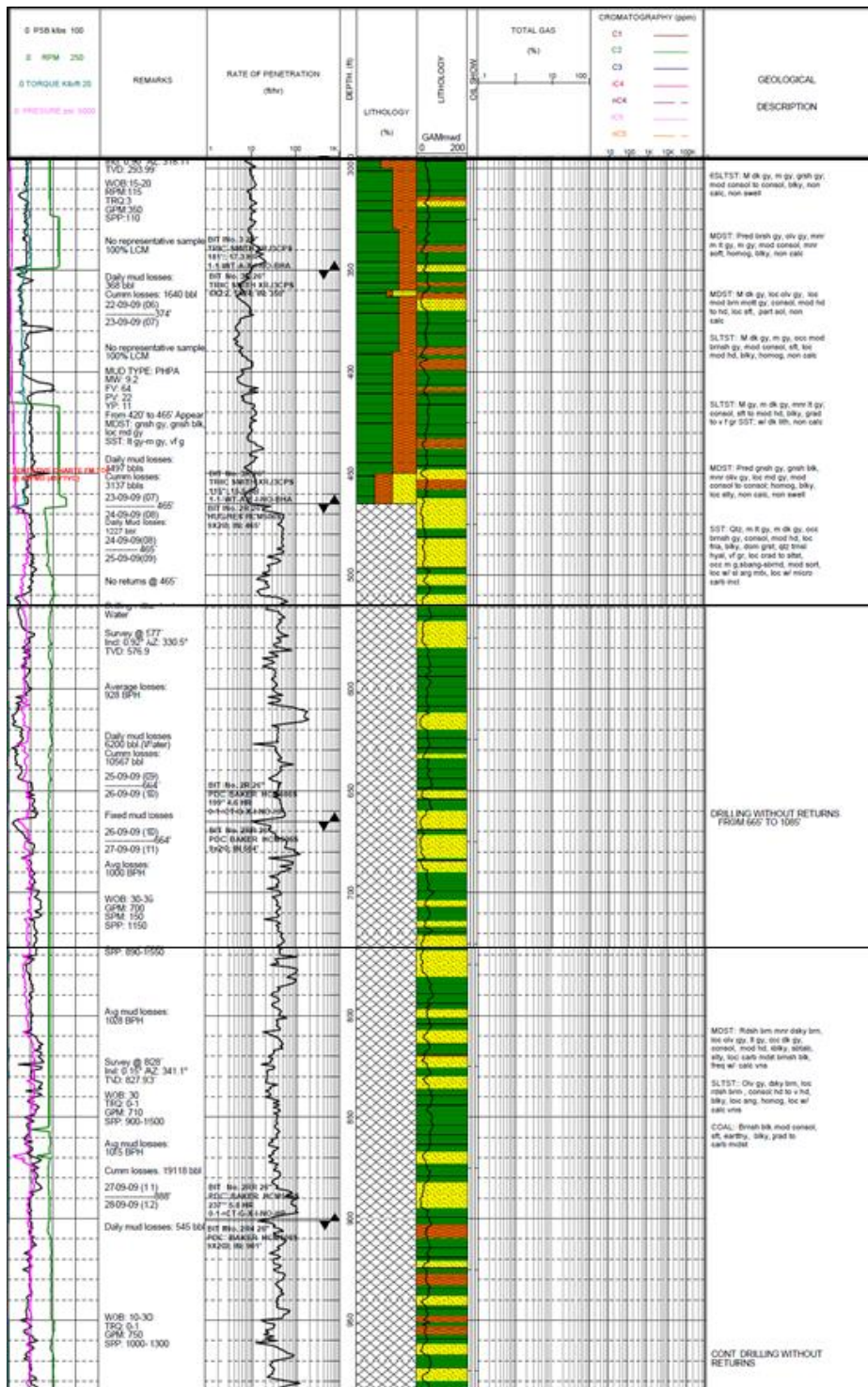
Figura A1 Registros de la sección de 36" Pozo Yopal 1

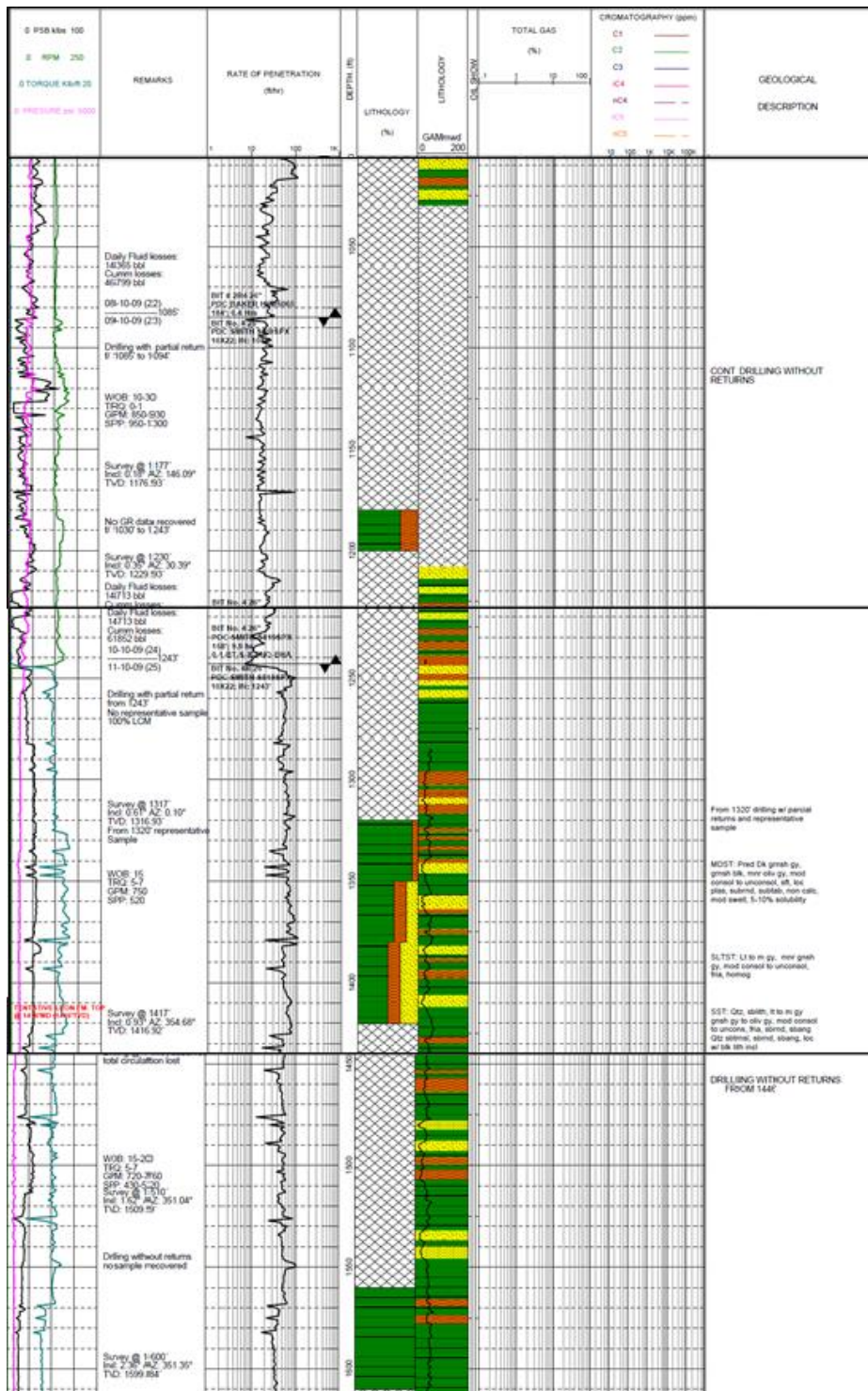


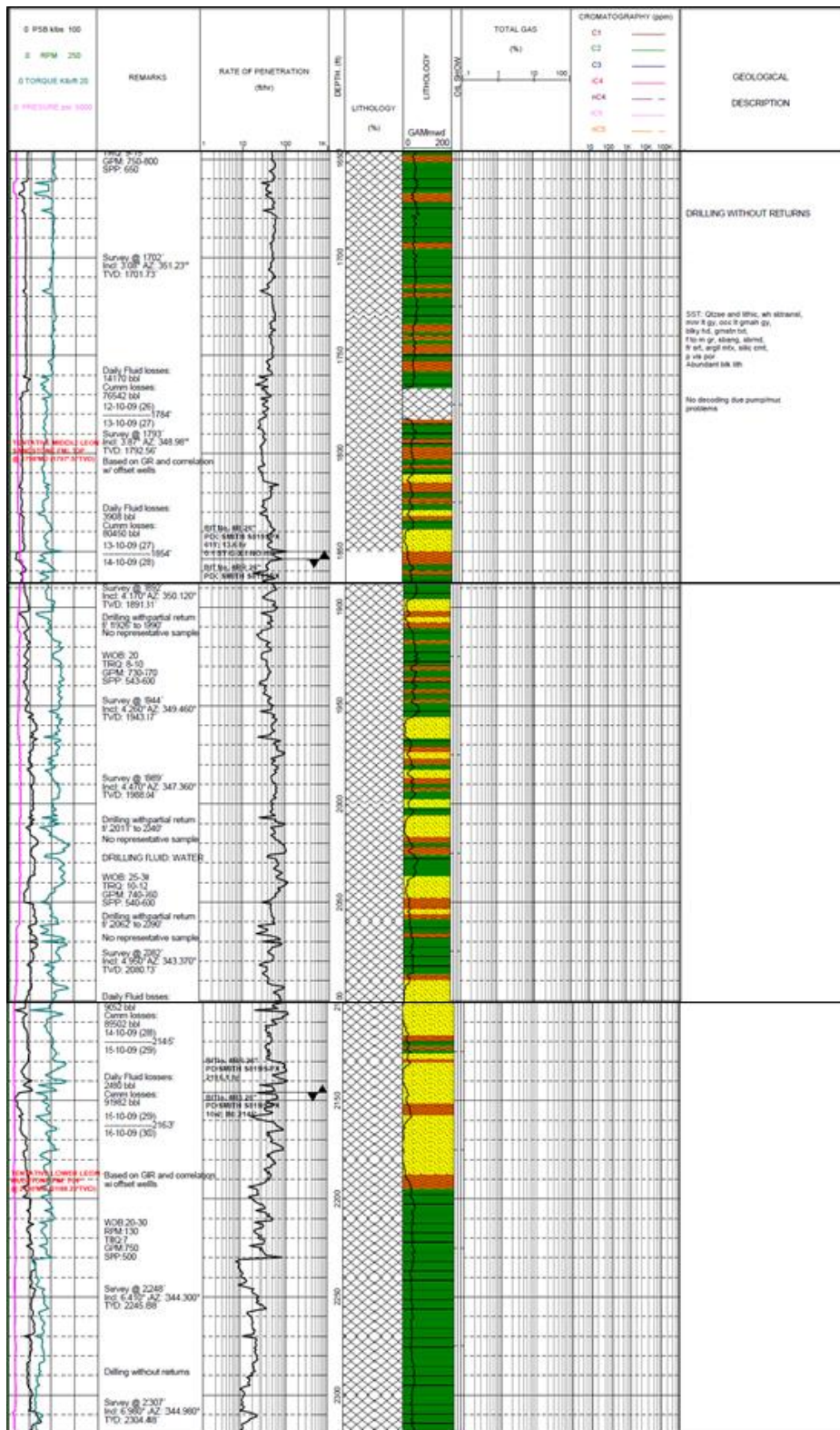
Fuente: Equión Energía Limited

Figura A2 Registros de la sección de 26" Pozo Yopal 1



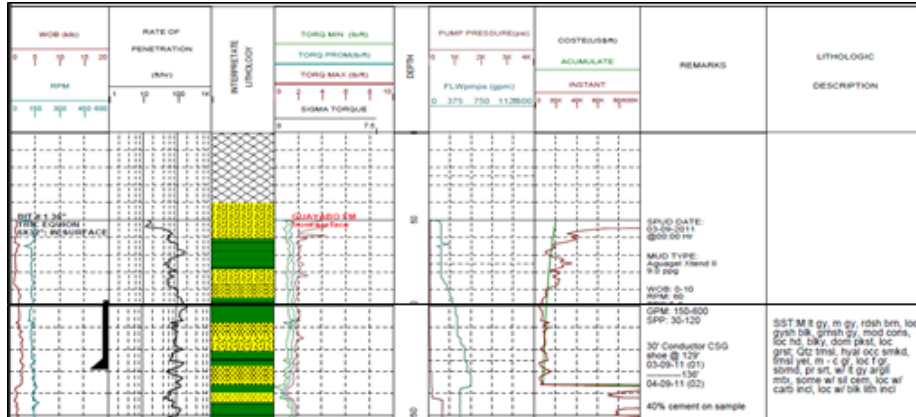






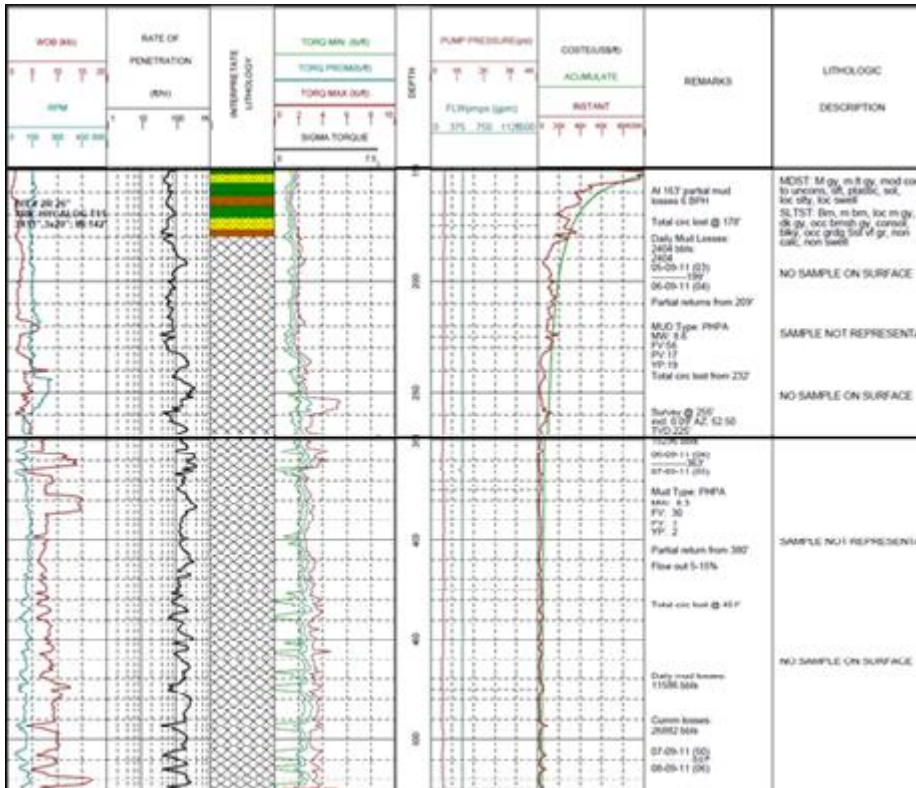
Fuente: Equión Energía Limited

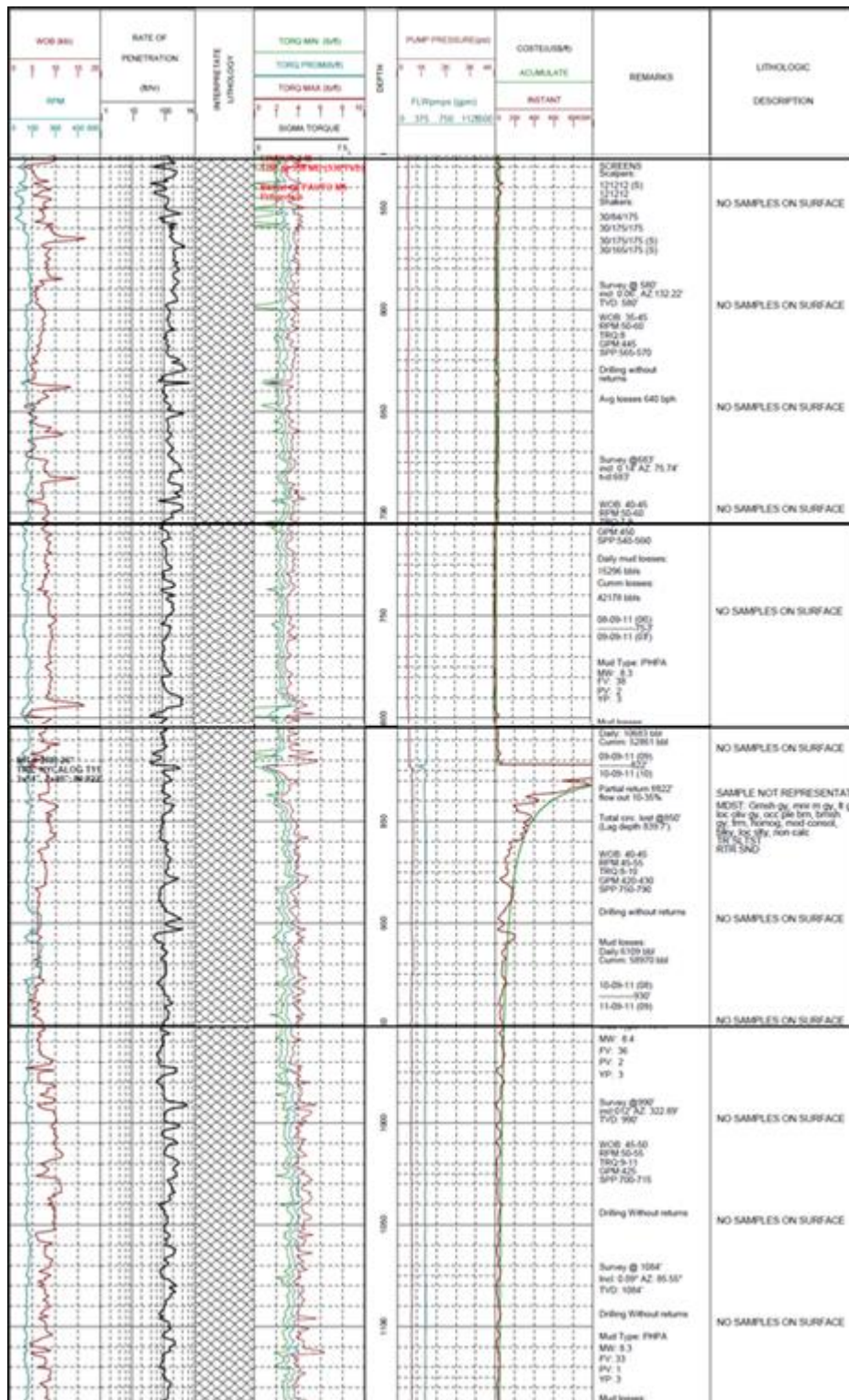
Figura A3 Registros de la sección de 36" Pozo Yopal 2

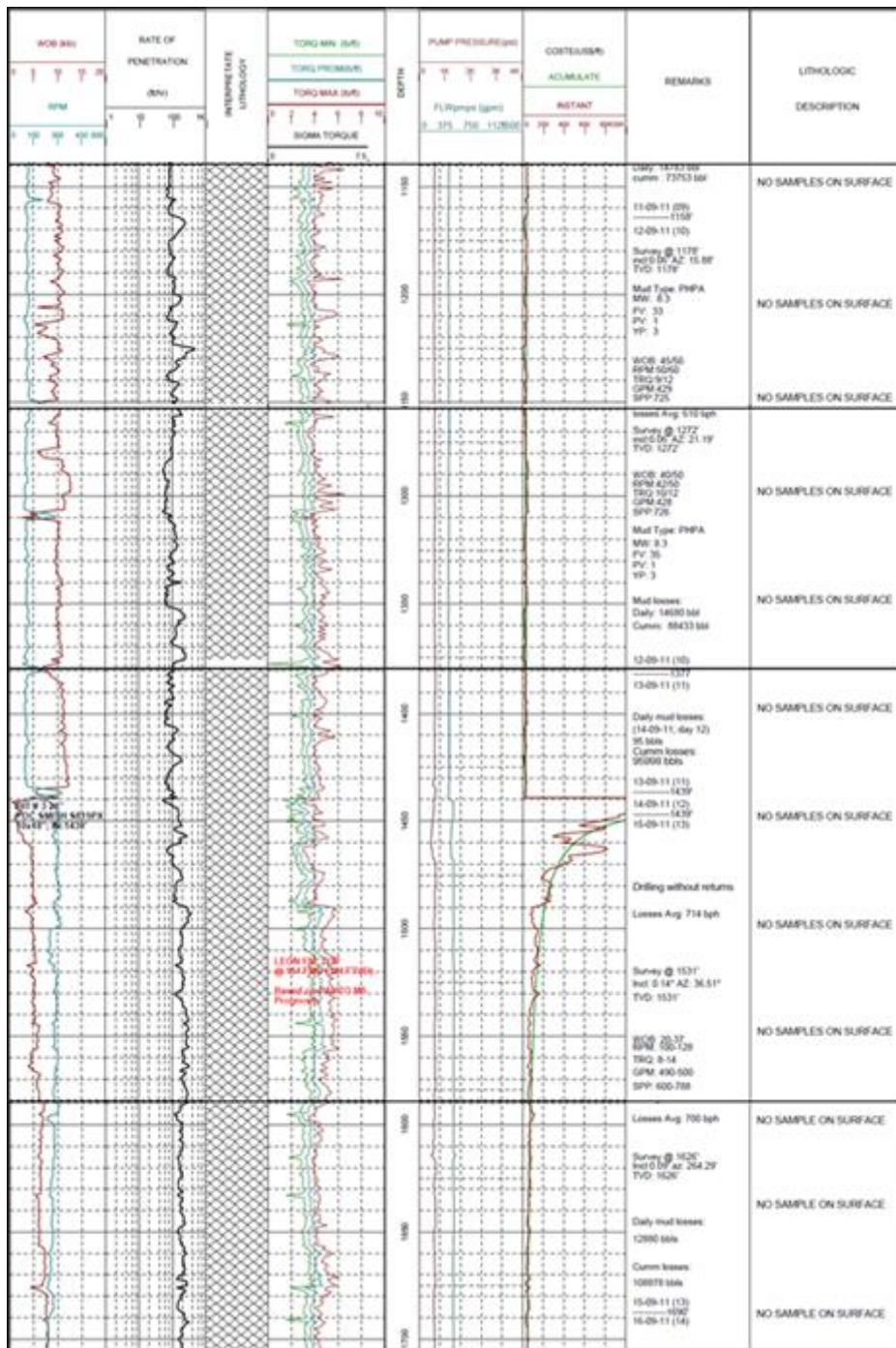


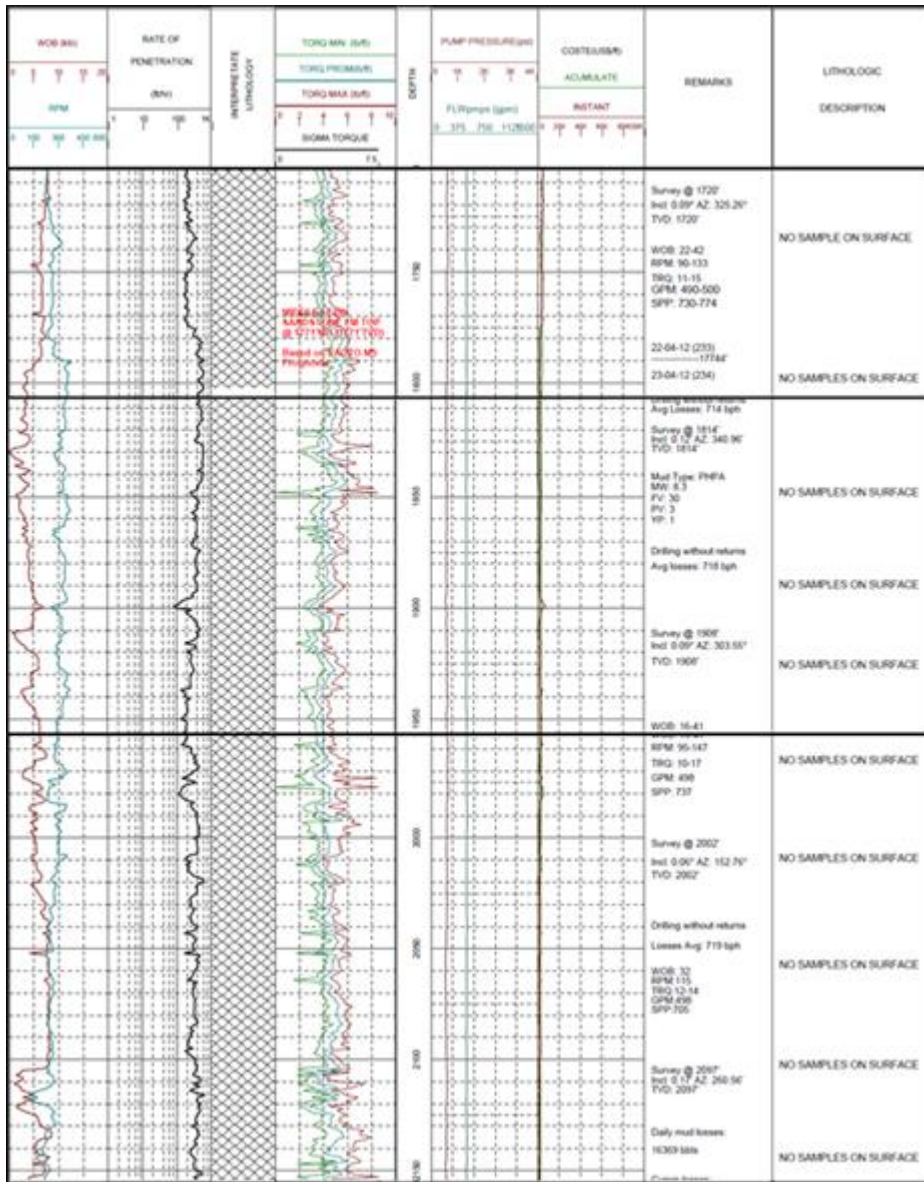
Fuente: Equión Energía Limited

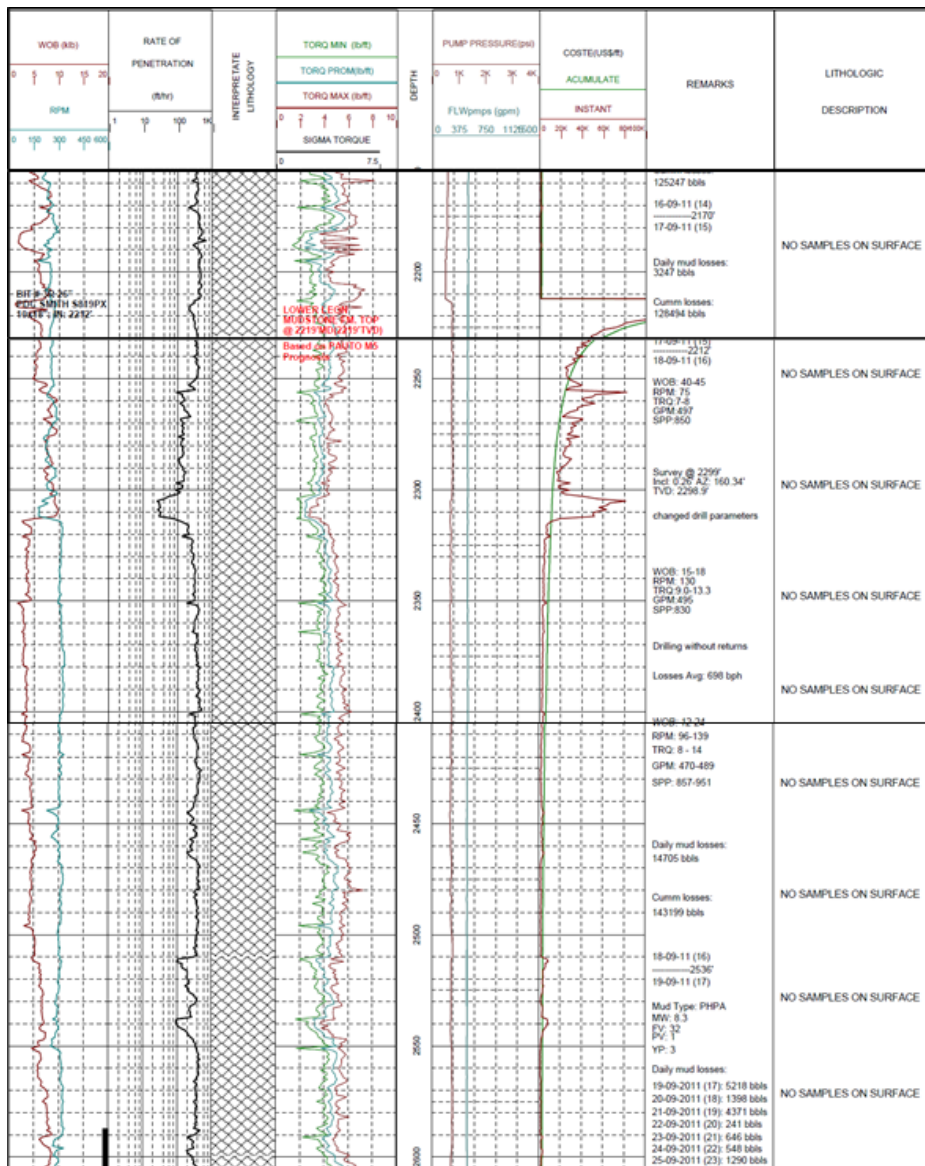
Figura A4 Registros de la sección de 26" Pozo Yopal 2





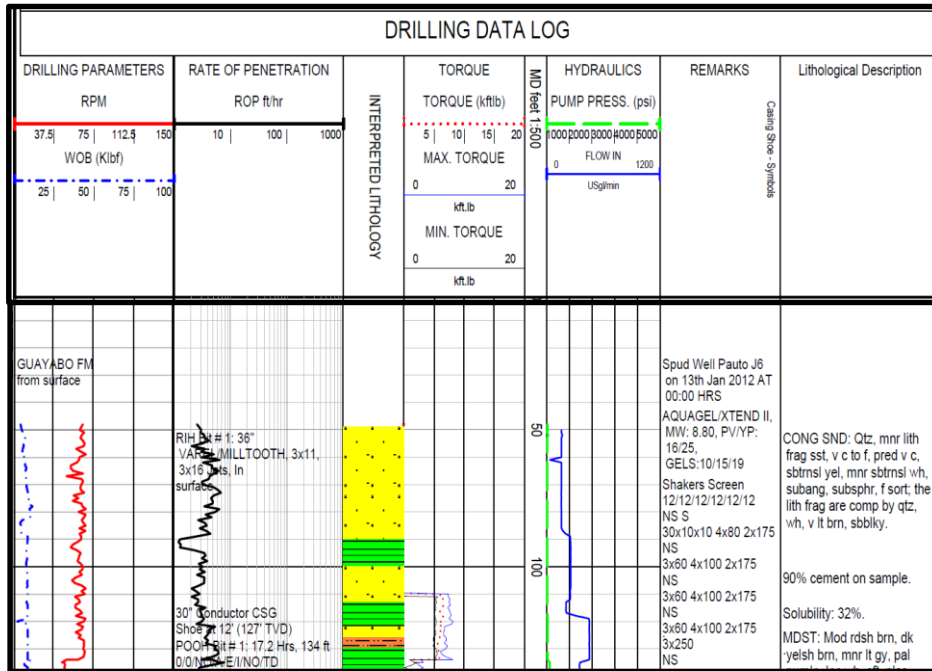






Fuente: Equión Energía Limited

Figura A5 Registros de la sección de 36" Pozo Yopal 3



Fuente: Equión Energía Limited

Figura A6 Registros de la sección de 26", Pozo Yopal 3

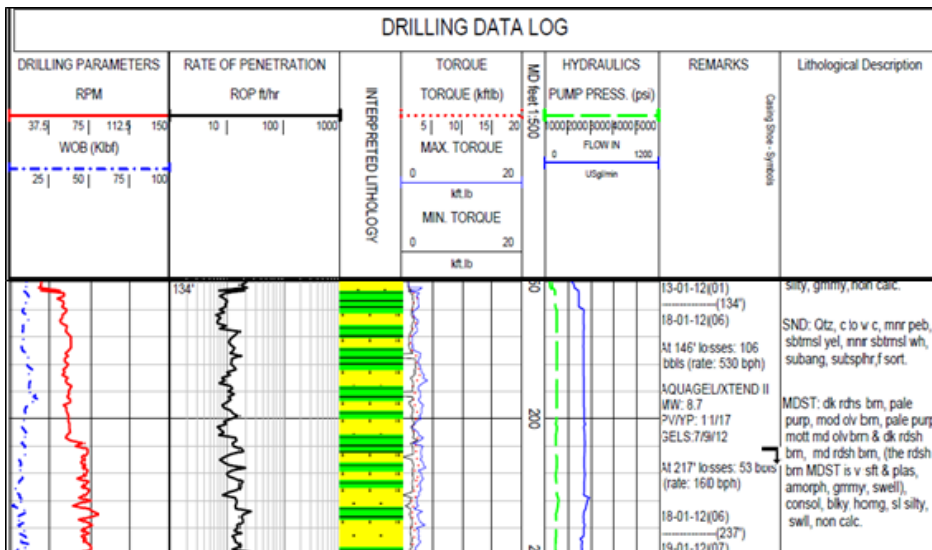
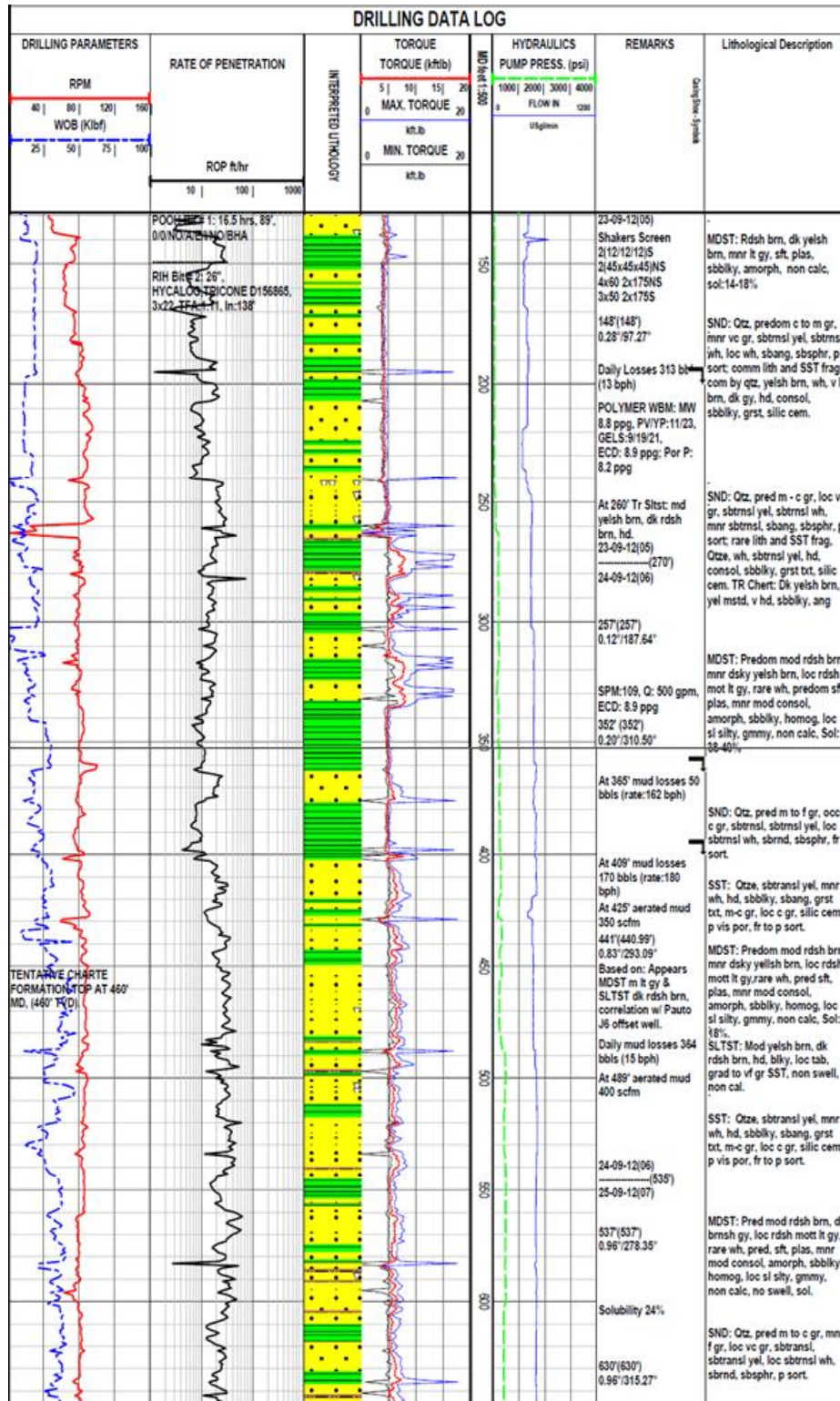
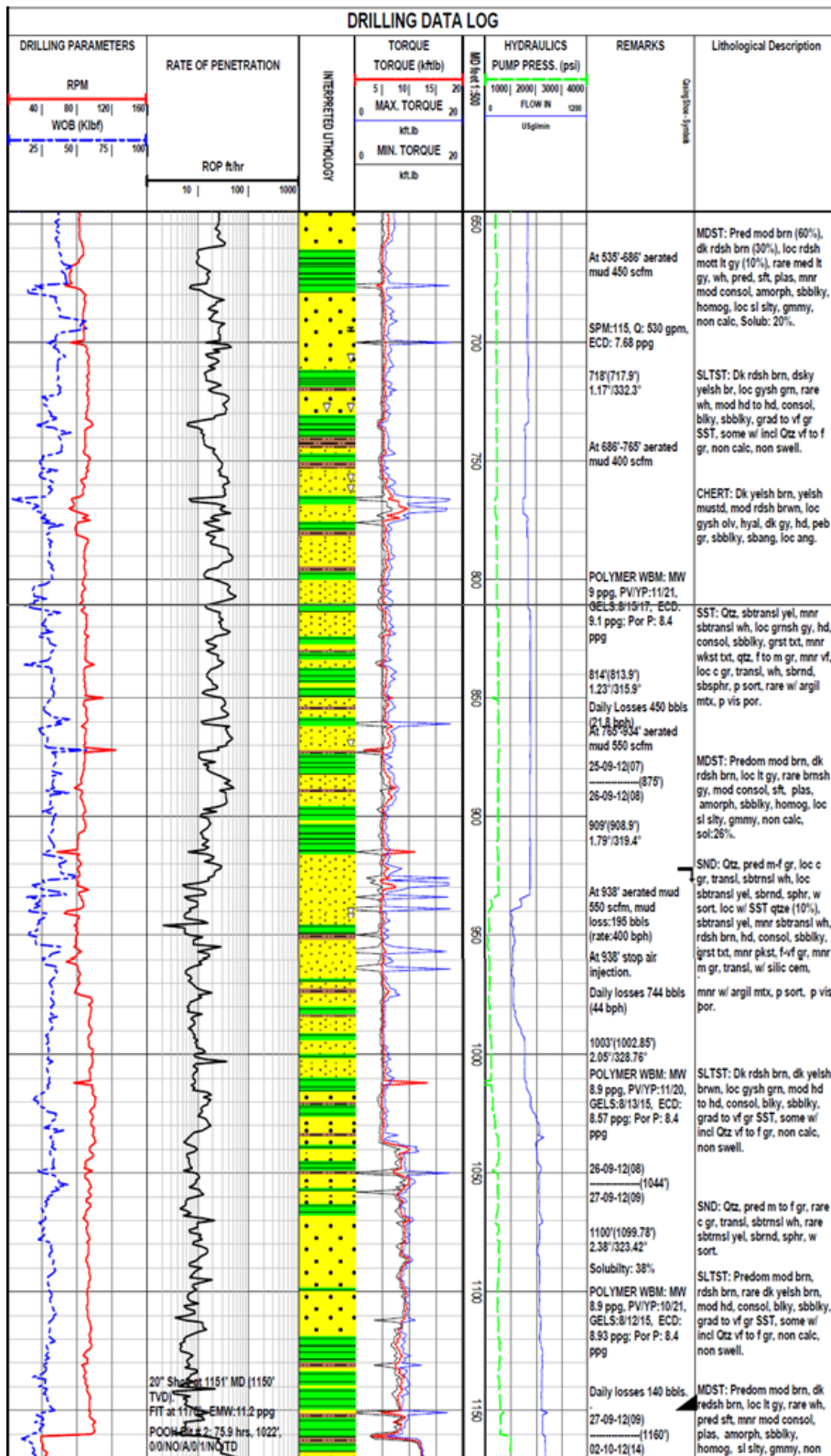


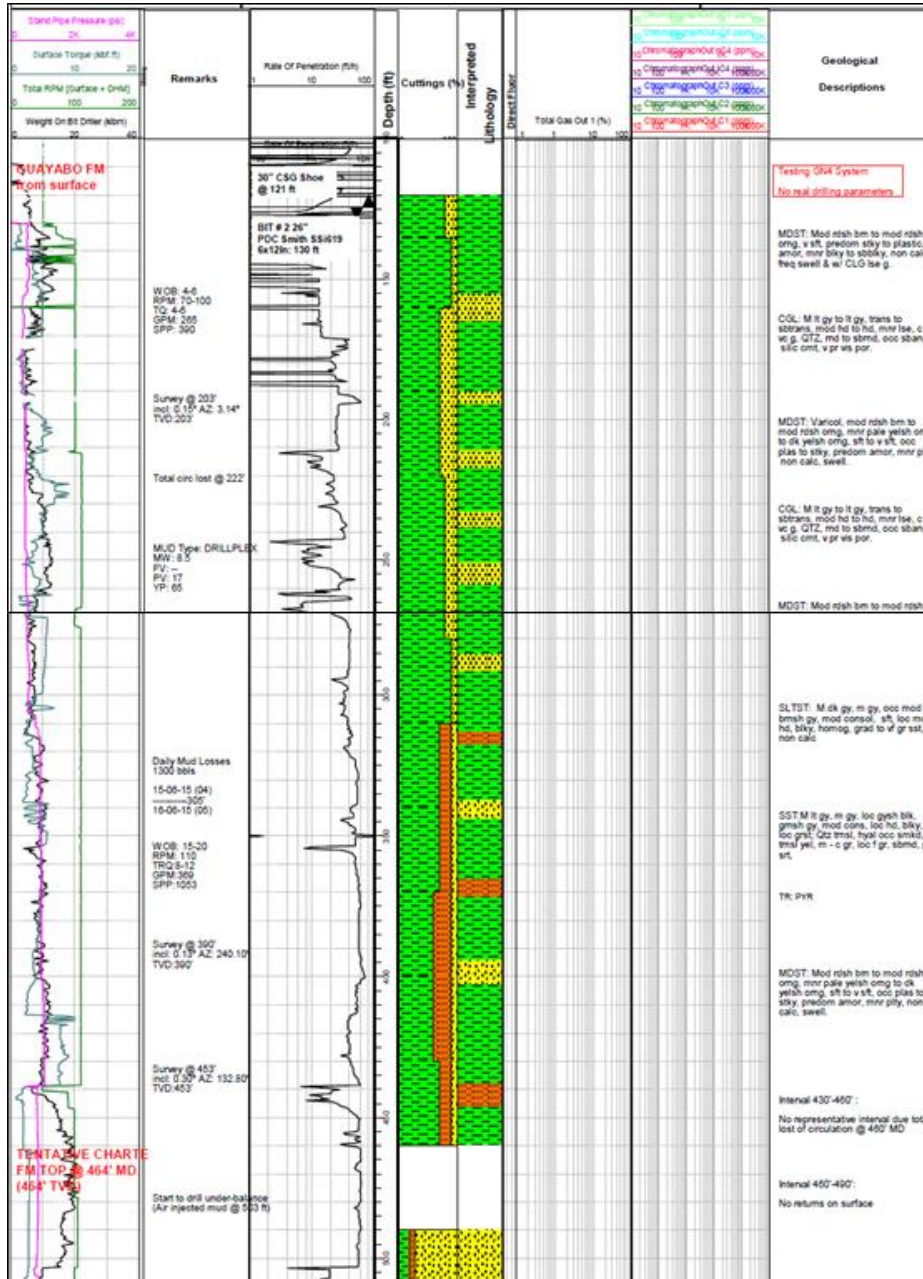
Figura A8 Registros de la sección de 26" Pozo Yopal 4



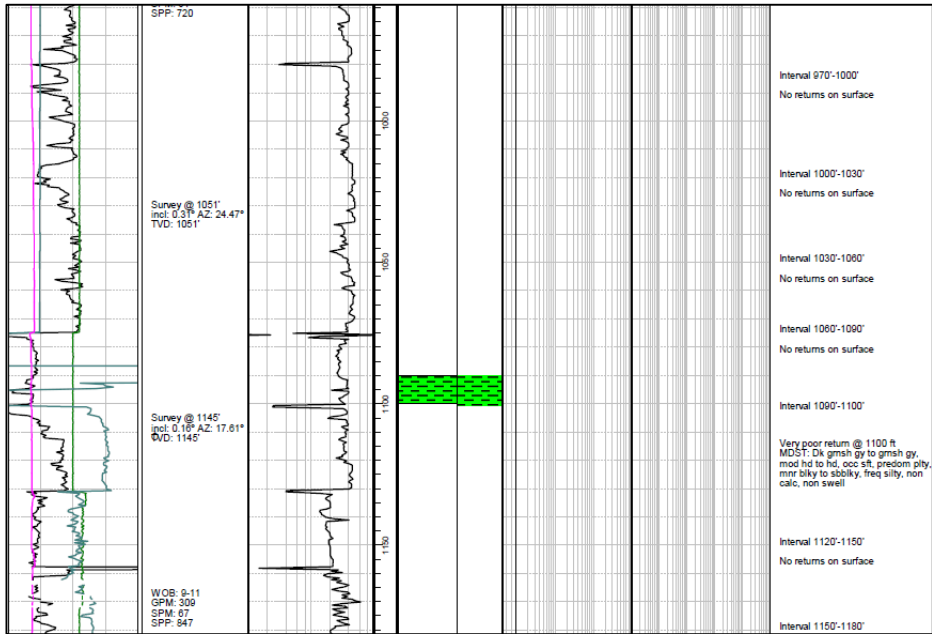


Fuente: Equión Energía Limited

Figura A9 Registros de la sección de 26" Pozo Yopal 5





<p>Stand Pipe Pressure (psi)</p> <p>Surface Torque (lbf ft)</p> <p>Total RPM (Surface + Drive)</p> <p>Weight On Bit (lbf)</p>	Remarks	Rate Of Penetration (ft/hr)	Depth (ft)	Cuttings (%)	Interpreted Lithology	Direct Flow	Total Gas Out 1 (%)	Geological Descriptions
	<p>Survey @ 543'</p> <p>incl. 0.25° AZ: 327.75°</p> <p>TVD: 543'</p>							<p>SND: Qtz, mky wh to lt gy, trans to sbrans, lse, c to vc g, md, mnr ang to shang, mod to w sort.</p> <p>MDST: Pale yelsh bn to pale yelsh cmg, occ mod yel, w/sft, occ mod ht, predom amor, blkly to sbbkly, non calc, sl swell.</p> <p>MDST: Dk gmsh gy to gmsh gy, mod hd to hd, occ sft, predom pty, mnr blkly to sbbkly, earthy, freq silty, non calc, non swell.</p> <p>Interval 580-610:</p> <p>Not representative due partial returns on surface</p>
	<p>Survey @ 544'</p> <p>incl. 0.25° AZ: 253.33°</p> <p>TVD: 544'</p>							<p>Interval 580-610:</p> <p>Not representative due partial returns on surface</p>
	<p>Survey @ 544'</p> <p>incl. 0.25° AZ: 253.33°</p> <p>TVD: 544'</p>							<p>Interval 580-610:</p> <p>Not representative due partial returns on surface</p> <p>MDST: Gmsh gy, dk gy, mod hd to hd, occ sft, pty, blkly to sbbkly, earthy, silty, non calc, non swell</p> <p>Interval 670-700</p> <p>Not representative due partial returns on surface</p>
	<p>M/W: 8.4</p> <p>FV: 42</p> <p>FV: 2</p> <p>YP: 8</p> <p>Daily mud losses 4000 bbl</p> <p>Cumm losses 6098 bbl</p> <p>16-06-15 (5) 794'</p> <p>17-06-15 (6)</p> <p>Survey @ 737'</p> <p>incl. 0.15° AZ: 65.30°</p> <p>TVD: 737'</p> <p>WOB: 9-12</p> <p>GPM: 292</p> <p>SPM: 81</p> <p>SPP: 660</p> <p>Survey @ 833'</p> <p>incl. 0.08° AZ: 160.85°</p> <p>TVD: 833'</p> <p>WOB: 11-13</p> <p>GPM: 300</p> <p>SPM: 81</p> <p>SPP: 660</p>							<p>Interval 730-760</p> <p>No returns on surface</p> <p>Drilling w/o returns on surface from 730'</p> <p>Interval 760-880</p> <p>No returns on surface</p> <p>Interval 880-910</p> <p>No returns on surface</p> <p>Interval 910-940</p> <p>No returns on surface</p> <p>Interval 940-970</p> <p>No returns on surface</p>



ANEXO B: BIT REPORT DE BROCAS USADAS EN LA PERFORACION DE LOS POZOS DE CORRELACION.

Figura B1 Bit Report broca #1 Fase 36” Pozo Yopal 1

BIT RUN GENERAL INFORMATION								
Manufac	IADC	TFA	Depth In	Depth Out	Footage	ROP avg (f/hr)	WOB avg/max (kib)	RPM avg
VALOUREC	116M	2.65	0	137	37 ft	10.50	5 - 13	60 - 70
Date In	Date Out	Jet's	MW (ppg)	MW type	SPP (psi)	GPM (min/max)	Torque out bottom (lbf-ft)	Torque on bottom (lbf-ft)
17-Sep-09	18-Sep-09	-	8.8	WBM	60 - 80	193 - 600	4,000	4,000
<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;"> <p>BEFORE</p>  </div> <div style="text-align: center;"> <p>AFTER</p>  </div> </div>								
DIRECTIONAL INFORMATION								
Assembly Type	Drive	BHA Components				Incl / Azim (In)	Incl / Azim (Out)	Max DLS
ROTARY	POWER DRIVE	36" Triconic Bit + XO 8 5/8" Reg box x 7 5/8" Reg Pin + 9 1/2" Bit Sub + Float Valve Sub + 3 x 9 1/2" Drill Collar						
BIT GRADE								
CUTTING STRUCTURE				B	G	REMARKS		
INNER ROWS	OUTER ROWS	DULL CHAR.	LOCATION	BRNGI SEALS	GAUGE 1/16"	OTHER CHAR.	REASON PULLED	
1	1	WT	A	E	I	NO	TD	
Lithology information								
Formation drilled:	LOWER GUAYABO							
Footage:	137 ft	SURFACE - 90 ft: 80% SND, 20% MDST, TR MDST						
%Lithology:		90 ft - 137 ft: 50% SST, 20% SND, 30% MDST						
COMMENTS								

Fuente: Equión Energía Limited

Figura B2 Bit Report Broca #2 Fase 26" Pozo Yopal 1


BIT#2. Type: HCM5065 S/N: TS049SR								
BIT RUN GENERAL INFORMATION								
Manufac	IADC	TFA	Depth In	Depth Out	Footage	ROP avg (ft/hr)	WOB avg/max (kib)	RPM avg
BAKER	5323	1.787	137	189	32 ft	20.80	8 - 10	75 - 168
Date In	Date Out	Jet's	MW (ppg)	MW type	SPP (psi)	GPM (min/max)	Torque out bottom (lbf-ft)	Torque on bottom (lbf-ft)
19-Sep-09	20-Sep-09	9x16/32"	8.9	WBM	550	416 - 600	4,000	4,000
<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> BEFORE AFTER </div>								
DIRECTIONAL INFORMATION								
Assembly Type	Drive	BHA Components			Incl / Azim (In)	Incl / Azim (Out)	Max DLS	
ROTARY	TruTrak	26" Remanufactured PDC bit + XO + 9 1/2" TruTrak + 9 1/2" CoPilot + 9 1/2" Adpater Sub + 9 1/2" MWD - NaviTrak+ 25" Stabilizer+ 9 1/2" Float Valve + 8 x 9 1/2" DC + XO + 6 x 8 1/4" DC + 8" Hyd Jar + 3 x 8 1/4" DC + XO + 6 x 5 7/8" HWD + Dart Sub						
BIT GRADE								
CUTTING STRUCTURE				B	G	REMARKS		
INNER	OUTER	DULL	LOCATION	BRNGI	GAUGE	OTHER	REASON	
ROWS	ROWS	CHAR		SEALS	1/16"	CHAR	PULLED	
0	0	NO	A	X	I	NO	BHA	
Lithology information								
Formation drilled:	LOWER GUAYABO							
Footage:	32 ft	80% SST, 20% MDST						
%Lithology:								
COMMENTS								
It was necessary to POOH due to high losses and it needed to increase the concentration of the LCM.								

Fuente: Equión Energía Limited

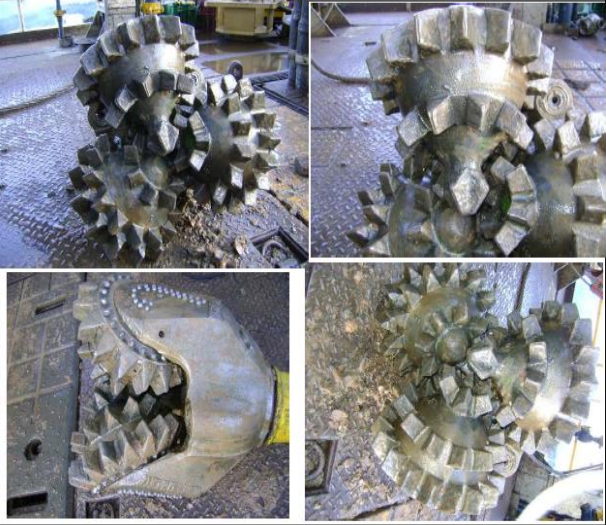
Figura B3 Bit Report Broca #3 Fase 26" Pozo Yopal 1

BIT#3, Type: XR+J3C S/N: PM1340									
BIT RUN GENERAL INFORMATION									
Manufac	IADC	TFA	Depth In	Depth Out	Footage	ROP avg (ft/hr)	WOB avg/max (kib)	RPM avg	
SMITH	117	2.689	169	350	181 R	7.10	15 - 20	110 / 140	
Date In	Date Out	Jet's	MW (ppg)	MW type	SPP (psi)	GPM (min/max)	Torque out bottom (lbf-ft)	Torque on bottom (lbf-ft)	
20-Sep-09	22-Sep-09	6x22/32" & 24/32"	9.0	WBM	110	420 - 550	4,000	4,000	

BEFORE



AFTER



DIRECTIONAL INFORMATION					
Assembly Type	Drive	BHA Components	Incl / Azim (In)	Incl / Azim (Out)	Max DLS
Rotary	Rotary	26" New Triconic bit + bit sub + 2 x 9 1/2" DC + 25 5/8" Stabilizer +6 x 9 1/2" DC + XO + 6 x 8 1/4" DC + 8" Hyd Jar + 3 x 8 1/4" DC + XO + 6 x 5 7/8" HWD + Dart Sub			

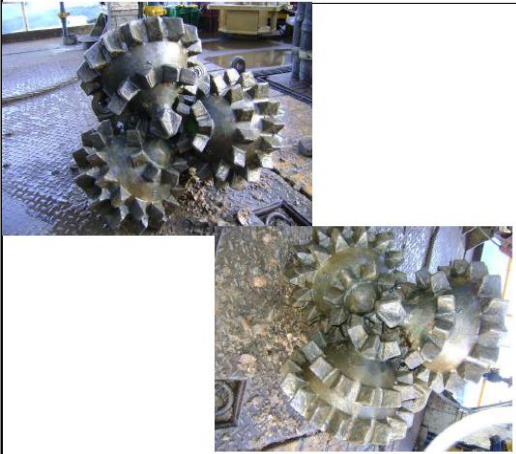

BIT GRADE							
CUTTING STRUCTURE				B	G	REMARKS	
INNER ROWS	OUTER ROWS	DULL CHAR.	LOCATION	BRNGI SEALS	GAUGE 1/16"	OTHER CHAR.	REASON PULLED
1	1	WT	A	E	I	NO	BHA

Lithology information		
Formation drilled:	LOWER GUAYABO	
Footage:	181 R	From 169 ft to 244 ft: 70% SST, 30%. Sample contaminated with 90% LCM
%Lithology:		From 244 ft to 360 ft: TR MDS, TR SST. No representative cutting sample recovered (100% LCM)

COMMENTS
POOH this BHA because it was necessary recovered the TOTCO to watch the inclination the well.

Fuente: Equión Energía Limited

Figura B4 Bit Report Broca #4 Fase 26" Pozo Yopal 1

BIT #4, Type: XR+J3C S/N: PM1340									
BIT RUN GENERAL INFORMATION									
Manufac	IADC	TFA	Depth In	Depth Out	Footage	ROP avg (ft/hr)	WOB avg/max (klb)	RPM avg	
SMITH	117	2588	330	485	153	16.40	15-28	110/148	
Date In	Date Out	Jel's	MW (ppg)	MW type	SPP (psi)	GPM (min/max)	Torque out bottom (lbf-ft)	Torque on bottom (lbf-ft)	
22-Sep-09	24-Sep-09	6x2232" & 24732"	8.7	WBM	180	550 - 800	4,500	4,500	
<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;"> <p>BEFORE</p>  </div> <div style="text-align: center;"> <p>AFTER</p>  </div> </div>									
DIRECTIONAL INFORMATION									
Assembly Type	Drive	BHA Components				Incl / Azim (In)	Incl / Azim (Out)	Max DLS	
Rotary	Rotary	26" Used Triconic bit + bit sub + 2 x 9 1/2" DC + 25 5/8" Stabilizer +6 x 9 1/2" DC + XO + 6 x 8 1/4" DC + 8" Hyd Jar + 3 x 8 1/4" DC + XO + 6 x 5 7/8" HWD + Dart Sub							
BIT GRADE									
CUTTING STRUCTURE				B	G	REMARKS			
INNER	OUTER	DULL	LOCATION	BRNG	GAUGE	OTHER	REASON		
ROWS	ROWS	CHAR.		SEALS	1/16"	CHAR.	PULLED		
1	1	WT	A	E	I	NO	BHA		
Lithology information									
Formation drilled:	LOWER GUAYABO	CHARTER							
Footage:	100 ft	15 ft							
%Lithology:	60% MDST, 40% SLTST, 10% SST	60% MDST, 10% SLTST, 40% SST	Shaker bypassed, only scalpers work (Sample 100% LCM)						
COMMENTS									

Fuente: Equión Energía Limited

Figura B6 Bit Report Broca #6 Fase 26" Pozo Yopal 1


BIT#6, Type: HCM506S S/N: TS0495R									
BIT RUN GENERAL INFORMATION									
Manufac	IADC	TFA	Depth In	Depth Out	Footage	ROP avg (ft/hr)	WOB avg/max (klb)	RPM Off Bottom - On Bottom	
BAKER	5323	2.7612	964	961	237 ft	40.96	15 - 30	95 - 115	
Date In	Date Out	Jet's	MW (ppg)	MW type	SPP (psi)	GPM (min/max)	Torque out bottom (lbf-ft)	Torque on bottom (lbf-ft)	
26-Sep-09	27-Sep-09	9x20/32"	8.33	WATER	900	700	*	*	
<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> BEFORE AFTER </div>									
DIRECTIONAL INFORMATION									
Assembly Type	Drive	BHA Components				Incl / Azim (In)	Incl / Azim (Out)	Max DLS	
ROTARY	TruTrak	26" Remanufactured used PDC bit + 9 1/2" TruTrak + Stop sub + 25" Stabilizer + 9 1/2" Float Valve + XO + 8" Monel + 8" Antenna Sub + 11 x 9 1/2" DC + 8" Hyd Jar + 3 x 8 1/4" DC + XO + 6 x 5 7/8" HWD + 5 7/8" DP + Dart Sub				-	-		
BIT GRADE									
CUTTING STRUCTURE				B	G	REMARKS			
INNER ROWS	OUTER ROWS	DULL CHAR.	LOCATION	BRNG/ SEALS	GAUGE 1/16"	OTHER CHAR.	REASON PULLED		
0	1	CT	G	X	I	NO	HP		
Lithology information									
Formation drilled:	CHARTER								
Footage:	237 ft	60% MDST, 10% SLTST, 40% SST							
%Lithology:									
COMMENTS									
Drilled without returns all the bit run.									

Fuente: Equión Energía Limited


Figura B7 Bit Report Broca #13 Fase 26" Pozo Yopal 1

BIT #13, Type: HCM506S S/N: 7009990									
BIT RUN GENERAL INFORMATION									
Manufac	IADC	TFA	Depth In	Depth Out	Footage	ROP avg (ft/hr)	WOB avg/max (kib)	RPM avg	
BAKER	S323	2.7612	242	1.685	843 ft	32.02	10 - 30	120	
Date In	Date Out	Jet's	MW (ppg)	MW type	SPP (psi)	GPM (min/max)	Torque out bottom (lbf-ft)	Torque on bottom (lbf-ft)	
07-Oct-09	08-Oct-09	9x20/32"	8.33	WATER	1300-1600	700-800	*	*	

BEFORE



AFTER



DIRECTIONAL INFORMATION					
Assembly Type	Drive	BHA Components	Incl / Azim (In)	Incl / Azim (Out)	Max DLS
ROTARY	TruTrak	26" Remanufactured used PDC bit + 9 1/2" TruTrak + Stop sub + 25" Stabilizer + 9 1/2" Float Valve + XO + RLL MWD + 10 x 8 1/4" DC + 8" Hyd Jar + 4 x 8 1/4" DC + XO + 6 x 5 7/8" HWD + 5 7/8" DP + Dart Sub	0.15 / 341.10	0.19 / 90.74	-



BIT GRADE							
CUTTING STRUCTURE				B	G	REMARKS	
INNER ROWS	OUTER ROWS	DULL CHAR.	LOCATION	BRNGI SEALS	GAUGE 1/16"	OTHER CHAR.	REASON PULLED
0	1	CT	G	X	1	NO	HP

Lithology information			
Formation drilled:	Cement	Charte	
Footage:	659 ft	184 ft	
%Lithology:			

COMMENTS

Fuente: Equión Energía Limited

Figura B8 Bit Report Broca #14 Fase 26" Pozo Yopal 1

BIT#14, Type: S819SPX S/N: JY9892								
BIT RUN GENERAL INFORMATION								
Manufac	IADC	TFA	Depth In	Depth Out	Footage	ROP avg (ft/hr)	WOB avg/max (klb)	RPM on bottom
SMITH	S423	3.712	1.065	1.243	158 ft	16.00	10 - 30	120
Date In	Date Out	Jet's	MW (ppg)	MW type	SPP (psi)	GPM (min/max)	Torque out bottom (lbf-ft)	Torque on bottom (lbf-ft)
10-Oct-09	11-Oct-09	10x22/32"	8.4	WATER	900-1350	800-950	*	*
BEFORE			AFTER					
								
DIRECTIONAL INFORMATION								
Assembly Type	Drive	BHA Components				Incl / Azim (In)	Incl / Azim (Out)	Max DLS
ROTARY	TruTrak	26" PDC bit + 9 1/2" TruTrak + Stop sub + 25" Stabilizer + 9 1/2" Float Valve + XO + RLL MWD + 10 x 8 1/4" DC + 8" Hyd Jar + 4 x 8 1/4" DC + XO + 6 x 5 7/8" HWD + 5 7/8" DP + Dart Sub				-	-	-
BIT GRADE								
CUTTING STRUCTURE			B		REMARKS			
INNER ROWS	OUTER ROWS	DULL CHAR.	LOCATION	BRNGI SEALS	G GAUGE	OTHER CHAR.	REASON PULLED	
0	1	NO	G	X	1	NO	HP	
Lithology information								
Formation drilled:	Charte							
Footage:	158 ft							
%Lithology:								
COMMENTS								

Fuente: Equión Energía Limited

Figura B9 Bit Report Broca #16 Fase 26" Pozo Yopal 1

BIT#15, Type: S819SPX S/N: JY9892								
BIT RUN GENERAL INFORMATION								
Manufac	IADC	TFA	Depth In	Depth Out	Footage	ROP avg (ft/hr)	WOB avg/max (klb)	RPM on bottom
SMITH	S423	3.712	1.855	2.145	290 ft	41.00	15 - 25	125 - 145
Date In	Date Out	Jet's	MW (ppg)	MW type	SPP (psi)	GPM (min/max)	Torque out bottom (lbf-ft)	Torque on bottom (lbf-ft)
11-Oct-09	13-Oct-09	10x22/32"	8.4	WATER	580 - 650	700 - 750	3500 - 4000	14,000
<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> BEFORE AFTER </div>								
DIRECTIONAL INFORMATION								
Assembly Type	Drive	BHA Components				Incl / Azim (In)	Incl / Azim (Out)	Max DLS
ROTARY	Rotary	26" Used PDC bit +Insert Float valve + 25 3/4" Near bit String + 9 1/2" Short DC + 9 1/2" MWD + 25 5/8" Stabilizer + 8 x 9 1/2" DC + XO + 5 x 8 1/4" DC + 8" Hyd Jar + 4 x 8 1/4" DC + XO + 6 x 5 7/8" HWD + 5 7/8" DP to surface				3.87 / 348.98	4.86 / 343.37	0.82
BIT GRADE								
CUTTING STRUCTURE			B			G		
INNER	OUTER	DULL	LOCATION	BRNGI	GAUGE	OTHER	REMARKS	
ROWS	ROWS	CHAR		SEALS	1/16"	CHAR	REASON	
0	1	BT	0	X	I	NO	PULLED	
Lithology information								
Formation drilled:	Leon							
Footage:	290 ft							
%Lithology:	No returns observed							
COMMENTS								
The bit came out of hole the same as it in into the hole.								



Fuente: Equión Energía Limited

Figura B10 Bit Report Broca #17 Fase 26" Pozo Yopal 1

BIT#17, Type: S819SPX S/N: JY9892									
BIT RUN GENERAL INFORMATION									
Manufac	IADC	TFA	Depth In	Depth Out	Footage	ROP avg (ft/hr)	WOB avg/max (klb)	RPM on bottom	
SMITH	S423	3.712	2.145	2.370	225 ft	18.20	30-40	130-140	
Date In	Date Out	Jet's	MW (ppg)	MW type	SPP (psi)	GPM (min/max)	Torque out bottom (lbf-ft)	Torque on bottom (lbf-ft)	
15-Oct-09	16-Oct-09	10x22/32"	8.4	WATER	500	700 - 720	3500 - 5000	12000 - 14000	
<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;"> <p>BEFORE</p>  </div> <div style="text-align: center;"> <p>AFTER</p>  </div> </div>									
DIRECTIONAL INFORMATION									
Assembly Type	Drive	BHA Components				Incl / Azim (In)	Incl / Azim (Out)	Max DLS	
ROTARY	Rotary	26" Used PDC bit +Insert Float valve + 25 3/4" Near bit String + 9 1/2" Short DC + 9 1/2" MWD + 25 7/8" Stabilizer + 8 x 9 1/2" DC + XO + 5 x 8 1/4" DC + 8" Hyd Jar + 4 x 8 1/4" DC + XO + 6 x 5 7/8" HWD + 5 7/8" DP to surface				4.95 / 343.37	7.55 / 345.43	0.62	
BIT GRADE									
CUTTING STRUCTURE					B	G	REMARKS		
INNER ROWS	OUTER ROWS	DULL CHAR.	LOCATION	BRNG: SEALS	GAUGE 1/16"	OTHER CHAR.	REASON PULLED		
0	1	BT	G	X	I	NO	TD		
Lithology information									
Formation drilled:	Leon								
Footage:	225 ft								
%Lithology:	No returns observed								
COMMENTS									
With this bit reach the TD of the 20" hole section.									



Fuente: Equión Energía Limited

Figura B11 Bit Report Broca #1 Fase 36" Pozo Yopal 2

BIT RUN GENERAL INFORMATION								
Hole Size	Manufac	Type	S/ N	IADC	TFA	Jet's	HSI	SRPM min/ max
36"	Varel	T11	1209566		1.198	3*11 FIJOS+3*20	0.05	55-80
Date In	Date Out	Depth In	Depth Out	Footage (ft)	Drill Time (hrs)	ROP avg (ft/ hr)	WOB min/ max (klb)	DRKPM min/max
9/3/2011 00:00AM	8/30/2011 20:00 PM	0	136	136 ft	11.69	11.63	3-12	0
Slide (ft)	Rotate (ft)	Krevs	Circulating Time (Hrs)		SPP (psi)	GPM (min/ max)	Torque out bottom (lbf-ft)	Torque on bottom (lbf-ft)
0	136	N/A	17.34		30.00	150 - 600	4,2	5
BEFORE				AFTER				
								
DIRECTIONAL INFORMATION								
Drive	BHA Objective	BHA Components				Incl / Azim (In)	Incl / Azim (Out)	Max DLS
Top Drive	DRILL Guayabo	BHA #1: 36" Varel Tri-Cone Bit + 9 1/2" Bit Sub + 6 x 9 1/2" Drill Collar						
BHA Performance	The main goal for this BHA was to drill a vertical hole into gUAYABO formation, with the minimum vibratios to reduce TDS stability and control circulation's loses. The bit was pulled out at 136ft due to a change in the BHA.							
MUD								
Mud Type	MW In	MW Out	PV	YP	Gels			
WBM	8.80	9.00	12	30	12	24	28	
BIT GRADE								
CUTTING STRUCTURE				B	G	REMARKS		
INNER ROWS	OUTER ROWS	DULL CHAR.	LOCATION	BRNG/ SEALS	GAUGE	OTHER CHAR.	REASON PULLED	
1	1	NO	A	1	I	NO	TD	
Lithology information								
Formation drilled:	Guayabo							
Footage:	136 ft							
%Lithology:	40% MDST y 60% SST							
COMMENTS:								




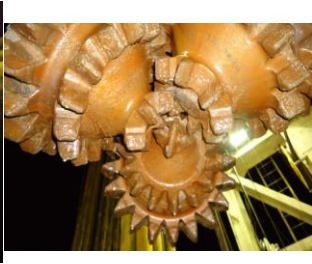


Fuente: Equión Energía Limited

Figura B12 Bit Report Broca #2 Fase 26" Pozo Yopal 2

BIT RUN GENERAL INFORMATION								
Hole Size	Manufac	Type	S/ N	IADC	TFA	Jet's	HSI	SRPM min/ max
26"	Reed Hycalog	T11	BT0663	M115	1.198	3*11 FIJOS+3*20	0.08	0
Date In	Date Out	Depth In	Depth Out	Footage (ft)	Drill Time (hrs)	ROP avg (ft/ hr)	VOB min/ max (klb)	DRRPM min/ max
5/9/2011 15:00PM	9-Sep-11	142	825	683 ft	57.86	11.80	5-50	30 - 80
Slide (ft)	Rotate (ft)	Krevs	Circulating Time (Hrs)		SPP (psi)	GPM (min/ max)	Torque out bottom (lbf-ft)	Torque on bottom (lbf-ft)
0	683	299.16	17.34		550.00	400-450	5	10
BEFORE				AFTER				
								
DIRECTIONAL INFORMATION								
Drive	BHA Objective	BHA Components				Incl / Azim (In)	Incl / Azim (Out)	Max DLS
Top Drive	DRILL Guayabo, Charte, Leon	BHA #3: 26" Hycalog Tri-Cone Bit + RSS PD1100 + 25 7/8" String Stab + XO + 9 1/2" EMT(PWD - Vibracions) + XO + 25 7/8" String Stab + 9 1/2" Float Valve Sub + 6 x 9 1/2" Drill Collar + Crossover + 3 x 8 1/2" Drill Collar + Crossover + 5 x 6 5/8" HWDP + Crossover + Jar (Smith) + Crossover + 6 x 6 5/8" HWDP						
BHA Performance	El objetivo principal de este BHA era perforar las formaciones Guayabo, Charte y Leon. Tratando de mantener la verticalidad hasta llegar a TD 2612 ft, sin embargo el exceso de vibraciones; aducido aparentemente a la masa inercial de los estabilizadores no permitieron continuar perforando. La situacion trato de controlarse variando parametros sin éxito. A los 825 ft se decide sacar con objeto de rediseñar al BHA.							
MUD								
Mud Type	MW In	MW Out	PV	YP	Gels			
WBM	8.80	9.00	12	30	12	24	28	
BIT GRADE								
CUTTING STRUCTURE:				B	G	REMARKS		
INNER ROWS	OUTER ROWS	DULL CHAR.	LOCATION	BRNGI SEALS	GAUGE 1/16"	OTHER CHAR.	REASON PULLED	
1	1	WT	A	E	I	NO	BHA	
Lithology information								
Formation drilled:	Guayabo	CHARTE						
Footage:	396 ft	287 ft						
%Lithology:	40% MDST y 60% SST							
COMMENTS:								

Fuente: Equión Energía Limited

Figura B13 Bit Report Broca #2 Fase 26" Pozo Yopal 2

BIT RUN GENERAL INFORMATION										
Hole Size	Manufac	Type	S/ N	IADC	TFA	Jet's	HSI	SRPM min/ max		
26"	Reed Hycalog	T11	BT0663	M15	1.198	3*11 FIJOS+3*20	0.08	0		
Date In	Date Out	Depth In	Depth Out	Footage (ft)	Drill Time (hrs)	ROP avg (ft/ hr)	VOB min/ max (klb)	DHRPM min/ max		
10/9/2011 11:00AM	13-Sep-11	822	1,439	617 ft	59.57	10.36	5-60	30 - 120		
Slide (ft)	Rotate (ft)	Krevs	Circulating Time (Hrs)		SPP (psi)	GPM (min/ max)	Torque out bottom (lbf-ft)	Torque on bottom (lbf-ft)		
0	617	487,002.00	17.34		750.00	400-450	5	10		
BEFORE				AFTER						
										
										
DIRECTIONAL INFORMATION										
Drive	BHA Objective	BHA Components			Incl / Azim (In)	Incl / Azim (Out)	Max DLS			
Top Drive	DRILL Guayabo, Charle, Leon	BHA #4: 26" Hycalog Tri-Cone Bit + RSS PD1100 + 25" String Stab+ 9 1/2" EMT(PWD - Vibracions) + XO + 9 1/2" Float Valve Sub + 9 11/16 Shock Sub + 6 x 9 1/2" Drill Collar + Crossover + 3 x 8 1/4" Drill Collar + Crossover + 5 x 6 5/8" HWDP + Crossover + Jar (Smith) + Crossover + 6 x 6 5/8" HWDP								
BHA Performance	El proposito primordial de esta BHA #4 fue terminar de perforar la formacion Charle y Leon, Procurando mantener verticalidad hasta llegar a TD 2612 ft, Dadas las limitaciones que se tenian en cuanto a parámetros debido a las pérdidas totales que presento el pozo, la broca no desarrollo su máximo performance, sin embargo hizo un buen trabajo perforando cerca de 1300 ft y manteniendo tanto su estructura de corte como sus rodamientos en buen estado. a los 1439 ft se decide sacar con el fin de hacer un rediseño del BHA, con objeto de mejorar el performance de la perforación.									
MUD										
Mud Type	MW In	MW Out	PV	YP	Gels					
WBM	8.60	8.60	2	1	0	0	0			
BIT GRADE										
CUTTING STRUCTURE			B	G	REMARKS					
INNER	OUTER	DULL	LOCATION	BRNG\	GAUGE	OTHER	REASON			
ROWS	ROWS	CHAR.		SEALS	1/16"	CHAR.	PULLED			
2	2	WT	A	E	I	PN	BHA			
Lithology information										
Formation drilled:	CHARTE									
Footage:	617 ft									
%Lithology:										



Fuente: Equión Energía Limited

Figura B14 Bit Report Broca #1 Fase 36" Pozo Yopal 3

BIT RUN GENERAL INFORMATION								
Hole Size	Manufac	Type	S/ N	IADC	TFA	Jet's	HSI	SRPM min/ max
36"	VAREL	Mill Tooth	1209566	111	0.867	3X11, 3X16	0.055	60/65
Date In	Date Out	Depth In	Depth Out	Footage	Drill Time (hrs)	ROP avg (ft/ hr)	VOB min/ max (klb)	DHRPM min/max
13-Jan-12	13-Jan-12	44 ft	135 ft	91 ft	17.50	7.80	5/12	
Slide (ft)	Rotate (ft)	Krevs	Circulating Time (Hrs)	Round Trip Time (Hrs)	SPP (psi)	GPM (min/ max)	Torque out bottom (lbf-ft)	Torque on bottom (lbf-ft)
0	135	68,400	19	1.50	213.1	450	2	6.00
BEFORE				AFTER				
DIRECTIONAL INFORMATION								
Drive	BHA Objective	BHA Components				Incl / Azim (In)	Incl / Azim (Out)	Max DLS
Rotary	Drill 36" Hole Section to 135 ft.	Bit Tri-Cone Bit 36" Varel bit w/ 8 5/8" Reg BB+ Crossover 8 5/8 Reg+ BB x 7 5/8" Reg LT + Bit Sub + 4X Drill Collar + Spud Sub				0	0	0
BHA Performance	Drilling parameters in normal conditions, Guayabo formation was drilled without events with a ROP= 7.5 ft/ hr.							
MUD								
Mud Type	MW In	MW Out	PV	YP	Gels			
WBM	8.60	8.90	17	24				
BIT GRADE								
CUTTING STRUCTURE:				B	G	REMARKS		
INNER	OUTER	DULL	LOCATION	BRNGI	GAUGE	OTHER	REASON	
ROWS	ROWS	CHAR.		SEALS	1/16"	CHAR.	PULLED	
0	E	0	I	NO	NO	A	TD	
Lithology information								
Formation drilled:	Guayabo							
Footage:	135 ft							
%Lithology:	70% Mudstone							
	30 % Sandstone							



Fuente: Equión Energía Limited

Figura B15 Bit Report Broca #1 Ensanchador Fase 36" Pozo Yopal 3

BIT RUN GENERAL INFORMATION								
Hole Size	Manufac	Type	S/ N	IADC	TFA	Jet's	HSI	SRPM min/ max
36"	VAREL	MILL TOOTH	1209566	111	0.867	3X11, 3X16	0.055	60/65
Date In	Date Out	Depth In	Depth Out	Footage	Drill Time (hrs)	ROP avg (ft/ hr)	VOB min/ max (klb)	DRRPM min/ max
14-Jan-12	14-Jan-12	44 ft	135 ft	91 ft	5.00	7.80	5/12	
Slide (ft)	Rotate (ft)	Krevs	Circulating Time (Hrs)	Round Trip Time (Hrs)	SPP (psi)	GPM (min/ max)	Torque out bottom (lb-ft)	Torque on bottom (lb-ft)
0	135	18,720	6	1.00	213.1	450	2	5.00
BEFORE				AFTER				
								
DIRECTIONAL INFORMATION								
Drive	BHA Objective	BHA Components				Incl / Azim (In)	Incl / Azim (Out)	Max DLS
Rotary	Enlarge hole 36" to with 42" Hole Opener to 135 ft.	Bit Tri-Cone Bit 36" Varel bit w/ 8 5/8" Reg BB+ Crossover 8 5/8 Reg+ BB x 7 5/8" Reg LT +Hole opener 42" 7 5/8" Reg FF+ + Bit Sub+ 4X Drill Collar + Spud Sub				0	0	0
BHA Performance	Drilling parameters in normal conditions same to BHA#1, enlarged 36" hole to 42" without events relevant, Medium levels of vibration (boulders) in the following intervals: 60 - 80 ft; 102 - 108 ft; 127 - 130'.							
MUD								
Mud Type	MW In	MW Out	PV	YP	Gels			
WBM	8.60	8.90	17	24				
BIT GRADE								
CUTTING STRUCTURE				B	G	REMARKS		
INNER ROWS	OUTER ROWS	DULL CHAR.	LOCATION	BRNG/ SEALS	GAUGE	OTHER CHAR.	REASON	
0	E	0	I	NO	1/ 16"	A	TD	
Lithology information								
Formation drilled:	Guayabo							
Footage:	135 ft							
%Lithology:	70% Mudstone							
	30 % Sandstone							



Fuente: Equión Energía Limited

Figura B16 Bit Report Broca #2 Fase 26" Pozo Yopal 3

BIT RUN GENERAL INFORMATION								
Hole Size	Manufac	Type	S/ N	IADC	TFA	Jet's	HSI	SRPM min/ max
26"	HYCALOG	T11	BT0662	115M	1.020	6" 111/32" - 3" 18/32"	0.66	100 - 120
Date In	Date Out	Depth In	Depth Out	Footage	Drill Time (hrs)	ROP avg (ft/ hr)	VOB min/ max (klb)	DRRPM min/ max
17-Jan-12	24/01/2012	134	1,144	1010 ft	93.60	10.79	10 - 30	
Slide (ft)	Rotate (ft)	Krevs	Circulating Time (Hrs)		SPP (psi)	GPM (min/ max)	Torque out bottom (lbf-ft)	Torque on bottom (lbf-ft)
0	1,010	526.450	19.4		710	630 - 450	2	3-5
BEFORE				AFTER				
								
DIRECTIONAL INFORMATION								
Drive	BHA Objective	BHA Components				Incl / Azim (In)	Incl / Azim (Out)	Max DLS
CONVENTIONAL	Perforar formación Guayabo, Charte, Leon	26" T11-Bit + NEAR BIT + X/ O + SHOCK SUB + PWD + EMT + ANTENA SUB + X/ O + STRING STAB + 1 DC 9 1/2" + STRING STAB + 3 DC 9 1/2" + X/ O + 11 DC 8" + HYD JAR + 3 DC 8" + X/ O + 6 HWDP 5 7/8"				0.40°/157.38°	0.59°/282.44°	1.22
BHA Performance	Con esta broca se perforo 1010 ft en 133 hrs totales, para una ROP total de 7.5 ft/ hr, el tiempo en fondo fue de 93.6 hrs, para una ROP en fondo de 10.7 ft/ hr, la broca obtuvo buen desempeño de acuerdo a las formaciones perforadas y a los parámetros establecidos para mantener verticalidad en conjunto con el sistema de lodo aireado evitando perdidas y disminuyendo tiempos de perforación							
MUD								
Mud Type	MW In	MW Out	PV	YP	Gels			
POLYMER WBM	8.70	8.80	41,228	16-17	9	12	14	
BIT GRADE								
CUTTING STRUCTURE				B	G	REMARKS		
INNER ROWS	OUTER ROWS	DULL CHAR.	LOCATION	BRNG/ SEALS	GAUGE 1/16"	OTHER CHAR.	REASON PULLED	
0	1	WT	M	E	I	ER	TQ	
Lithology information								
Formation drilled:	GUAYABO	Sand, Mudstone, Chert						
Footage:	438 ft							
%Lithology:	CHARTE	60% Mudstone						
	572	30% Siltstone, 10% Sandstone						
COMMENTS								
El torque presentado en el ultimo intervalo de la corrida fue producto de los estabilizadores de la sarta al entrar las zonas en calibre, lo cual fue demostrado por la condición de salida de la broca, la cual salio en calibre y con los conos efectivos, con mínimo desgaste en la estructura de corte externa, presento como segunda característica de desgaste erosión posiblemente producto del lodo aireado.								

Fuente: Equión Energía Limited

Figura B 17 Bit Report Broca #1 Fase 36" Pozo Yopal 4

BIT RUN GENERAL INFORMATION								
Hole Size	Manufac	Type	S/N	IADC	TFA	Jet's	HSI	SRPM min/ max
36"	VAREL	Mill Tooth	33765	111	4.712	3 X 22, 3 X 11	-	40
Date In	Date Out	Depth In	Depth Out	Footage	Drill Time (hrs)	ROP avg (ft/ hr)	WOB min/ max (klb)	DHRPM min/ max
19-Sep-12	19-Sep-12	34	135	131 ft	22.00	6.40	5/15	50/80
Slide (ft)	Rotate (ft)	Krevs	Circulating Time (Hrs)	Round Trip Time (Hrs)	SPP (psi)	GPM (min/ max)	Torque out bottom (lb-ft)	Torque on bottom (lb-ft)
	135		21.5		40	150	3	5.00
BEFORE				AFTER				
								
DIRECTIONAL INFORMATION								
Drive	BHA Objective	BHA Components			Incl / Azim (In)	Incl / Azim (Out)	Max DLS	
Rotary	drill 36 hole to TD	Bit 36" tricone - Bit sub 8 5/ 8 - cross over - Hole opener - Bit sub -drill collar			0	0	0	
BHA Performance	Drilled guayabo formation with bit and hole opener with exelent performance, save 1 trip because spent 1 trip to drilling and conditioned the hole. LL of Pauto J6							
MUD:								
Mud Type	MW In	MW Out	PV	YP	Gels			
WBM	8.80	8.80	16	25	0	12	18	21
BIT GRADE								
CUTTING STRUCTURE			B	G	REMARKS			
INNER ROWS	OUTER ROWS	DULL CHAR.	LOCATION	BRNG/ SEALS	GAUGE 1/ 16 "	OTHER CHAR.	REASON PULLED	
0	0	NO	A	E	I	NO	TD	
Lithology information								
Formation drilled:	Guayabo							
Footage:	135 ft							
%Lithology:	MDS 30%							
	SND 60%							
	SLST 10%							

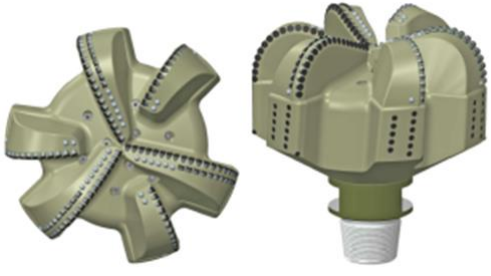

Fuente: Equión Energía Limited

Figura B18 Bit report Broca #1 Fase 36" Pozo Yopal 5

BIT RUN GENERAL INFORMATION									
Hole Size	Manufac	Type	S/N	IADC	TFA	Jet's	HSI	SRPM min/ max	
36 in	SMITH	XR+	PZ9948	114	2.605	3*32/32" + 1*18/32"	0.003	60	
Date In	Date Out	Depth In	Depth Out	Footage	Drill Time (hrs)	ROP avg (ft/ hr)	VOB min/ max (klb)	DRRPM min/ max	
12-Jun-15	13-Jun-15	45	130	85.2 ft	10.00	8.52	10-15	60	
Slide (ft)	Rotate (ft)	Krevs	Circulating Time (Hrs)		SPP (psi)	GPM (min/ max)	Torque out bottom (lbf-ft)	Torque on bottom (lbf-ft)	
0	85	36000	12.5		118 - 175	300 - 550	4000	4000 / 5000	
BEFORE					AFTER				
									
DIRECTIONAL INFORMATION									
Drive	BHA Objctive	BHA Components				Incl / Azim (In)	Incl / Azim (Out)	Max DLS	
Rotary BHA	Drill 36" section for 30" conductor pipe.	BROCA TRC36 + BIT SUB 8 5/8 REG X 7 5/8 REG LT. + 4 X DRILL COLLAR 9 1/2" + SPUD SUB				0/0	0/0	0	
BHA Performance	Drilled 36" section to TD with no problems. No losses / No gains / No restrictions. Minor vibrations observed, controlled with parameters.								
MUD									
Mud Type	MW In	MW Out	PV	YP	Gels				
Water	8.50	8.50	16	22	5	8	11		
BIT GRADE									
CUTTING STRUCTURE				B	G	REMARKS			
INNER ROWS	OUTER ROWS	DULL CHAR.	LOCATION	BRNG/ SEALS	GAUGE	OTHER CHAR.	REASON PULLED		
0	1	WT	G	E	1/16"	NO	TD		
Lithology information									
Formation drilled:	Guayabo								
Footage:	85 ft								
%Lithology:									
COMMENTS:									
Bit came out without relevant wear. In spite of the vibrations observed, no damage to bearings was evidenced.									

Fuente: Equion Energia Limited

Figura B19 Bit report Broca #1 Fase 26" Pozo Yopal 5

BIT RUN GENERAL INFORMATION								
Hole Size	Manufac	Type	S/ N	IADC	TFA	Jet's	HSI	SRPM min/ max
26 in	SMITH	SSI619MHEBPX	JJ9145		0.663	3"0" + 6"12/32"	0.047	100 - 115
Date In	Date Out	Depth In	Depth Out	Footage	Drill Time (hrs)	ROP avg (ft/ hr)	WOB min/ max (klb)	DHRPM min/ max
15-Jun-15	19-Jun-15	130	2,410	2280 ft	77.57	29.39	6 - 35	100 - 115
Slide (ft)	Rotate (ft)	Krevs	Circulating Time (Hrs)		SPP (psi)	GPM (min/ max)	Torque out bottom (lbf-ft)	Torque on bottom (lbf-ft)
0	2,280	567.3	100.02		500 - 1,210	275 - 450	5000	8000/16000
BEFORE				AFTER				
								
DIRECTIONAL INFORMATION								
Drive	BHA Objective	BHA Components				Incl / Azim (In)	Incl / Azim (Out)	Max DLS
Directional BHA	Drill 26" section for 30" surface hole.	BROCA PDC 26" + POWER DRIVE + XO + 9 5/8" FLOAT SUB + 9 1/2" SSTB + 9 1/2" MWD + 9 1/2" SSTB + 6 x 9 1/2" DC + XO + 3 x 8 1/4" DC + XO + 5 x 5 7/8" HWDP + XO + 8" Jar + 8" FLOAT SUB + XO + 15 x 5 7/8" HWDP				0.15/314.	3.4 / 343	0.57
BHA Performance	Drilled 26" section to 2,410 ft without returns. Drilled from 130 ft to 504 ft with DRILLPLEX; From 504 ft to 691 ft with DRILLPLEX + Air; From 691 ft to 1,199 ft with SPUD MUD + Air and From 1,199 ft to 2,410 ft with Water + Air.							
MUD								
Mud Type	MW In	MW Out	PV	YP	Gels			
DRILLPLEX	8.50	8.50	112		37	46	52	
Water	8.40	8.40	4		2	5	7	
BIT GRADE								
CUTTING STRUCTURE				B	G	REMARKS		
INNER	OUTER	DULL	LOCATION	BRNG\	GAUGE	OTHER	REASON	
ROWS	ROWS	CHAR.		SEALS	1/ 16"	CHAR.	PULLED	
0	1	WT	S	X	I	NO	TD	
Lithology information								
Formation drilled:	Guayabo	Charle	Leon					
Footage:	334 ft	1007 ft	939 ft					
%Lithology:	80% Mudstone	70% Sandstone						
	20% Conglomerado	30% Mudstone						
COMMENTS:	Bit came out without relevant wear. In spite of the vibrations observed and the use of air injection while drilling, no damage to bearings was evidenced.							

Fuente: Equion Energia Limited

ANEXO C: TABLAS DE DESCRIPCION DE LOS BHA

Tabla C1 Descripción BHA #1 Fase 36" Pozo Yopal 1

Workstring Purpose	DRILLING		TMD Out		137.9 (ft)		TMD In		0.9 (ft)				
Date / Time In	9/17/2009 6:30PM		Hole Size		(in)		BHA Length(ft)		134.40(ft)				
Date / Time Out	9/18/2009 9:45AM		Min. String ID		3.000 (in)		Pred.Performance						
In Air	(kip)		Wt. Below Jars (lb)		(kip)		Act Performance						
Total Rotating	0.00 (hr)		Total Sliding		0.00 (hr)		Total Circulating		0.00 (hr)				
Total Rotating Footage	0.0 (ft)		Total Sliding Footage		0.0 (ft)								
Component Type	Joints	Length (ft)	OD (in)	ID (in)	Connection		Weight (ppf)	Grade Name	Pin Box	Serial no.	Left or right spiral	Fish Neck	
					OD (in)	Name						Length (ft)	OD (in)
Spiral Drill Collar	3	119.44	9.500	3.000		REG-LT	217.00	4145H MOD	B	96642	N	2.95	9.312
Unknown	1	3.06	11.062	3.000		REG-LT	106.50		B	53513-1	N	0.00	9.500
Bit Sub	1	4.02	11.062	3.000		REG-LT	106.50		B	BPB068 2	N	2.33	9.438
Cross Over	1	4.38	11.062	3.000		REG	106.50		B	BPB032 6	N	1.72	9.625
Tri-Cone Bit	1	3.50	36.000			REG	106.50		P	9273-24	N	0.80	9.750
BHA Length (ft) : 134.40													

Fuente: Equión Energía Limited

Tabla C2 Descripción BHA #2 Fase 36" Pozo Yopal 1

Workstring Purpose	DRILLING		TMD Out		169.9 (ft)		TMD In		137.9 (ft)				
Date / Time In	9/19/2009 7:30PM		Hole Size		(in)		BHA Length(ft)		901.58(ft)				
Date / Time Out	9/20/2009 4:30PM		Min. String ID		2.812 (in)		Pred.Performance						
In Air	(kip)		Wt. Below Jars (lb)		(kip)		Act Performance						
Total Rotating	1.00 (hr)		Total Sliding		0.00 (hr)		Total Circulating		5.27 (hr)				
Total Rotating Footage	32.0 (ft)		Total Sliding Footage		0.0 (ft)								
Component Type	Joints	Length (ft)	OD (in)	ID (in)	Connection		Weight (ppf)	Grade Name	Pin Box	Serial no.	Left or right spiral	Fish Neck	
					OD (in)	Name						Length (ft)	OD (in)
Heavy Weight Drill Pipe	6	186.80	5.875	3.250	7.000	XT 57	56.10	1340 MOD	B	4505103 9	N	1.50	6.937
Cross Over	1	3.58	8.000	2.625		XT-57	133.00		B	BP-B047 2	N	2.00	7.000
Drill Collar	3	93.59	8.250	2.812		6 5/8 Reg	160.00		B	T61620	N	3.20	7.938
Hydraulic Jar	1	32.66	8.000	2.500		REG	154.36	4145H MOD	B	43374-C	N	2.50	7.938
Drill Collar	6	248.00	8.250	2.812		6 5/8 Reg	160.00		B	T6784	N	3.20	7.938
Cross Over	1	3.43	9.500	9.500		REG	133.00		B	152-1876 2	N	2.00	8.250
Drill Collar	8	241.36	9.500	3.000		REG-LT	224.49	4145H MOD (2)	B	102844	N	2.95	9.312
Unknown	1	3.06	9.610	3.000		REG-LT	133.00		B	53513-1	N	0.00	9.500
Steerable Stabilizer	1	7.95	9.650	3.000		REG	133.00		B	501612	N	9.50	2.960
MWD Tool	1	29.86	9.600	3.750		REG	133.00		B	1022276 3	N	1.81	9.600
Unknown	1	7.53	9.600	3.000		TCII	133.00		B	1064712 2	N	3.07	9.600
Steerable Motor	1	32.41	26.000	3.000		TCII	133.00		B	1043011 2	N	1.69	9.600
3 Point Reamer	1	4.50	26.000	3.000		TCII	133.00		B	1043011 2	N	1.69	9.600
Polycrystalline Diamond Bit	1	1.70	26.000			REG	133.00		P	TS049S R	N	0.30	9.250
BHA Length (ft) : 901.58													

Fuente: Equión Energía Limited

Tabla C3 Descripción BHA #2 Fase 26" Pozo Yopal 1

Workstring Purpose	DRILLING		TMD Out	169.9 (ft)		TMD In	137.9 (ft)						
Date / Time In	9/19/2009 7:30PM		Hole Size	(in)		BHA Length(ft)	901.58(ft)						
Date / Time Out	9/20/2009 4:30PM		Min. String ID	2.812 (in)		Pred.Performance							
In Air	(kip)		Wt. Below Jars (lb)	(kip)		Act Performance							
Total Rotating	1.00 (hr)		Total Sliding	0.00 (hr)		Total Circulating	5.27 (hr)						
Total Rotating Footage	32.0 (ft)		Total Sliding Footage	0.0 (ft)									
Component Type	Joints	Length (ft)	OD (in)	ID (in)	Connection		Weight (ppf)	Grade Name	Pin Box	Serial no.	Left or right spiral	Fish Neck	
					OD (in)	Name						Length (ft)	OD (in)
Heavy Weight Drill Pipe	6	186.80	5.875	3.250	7.000	XT 57	56.10	1340 MOD	B	45051039	N	1.50	6.937
Cross Over	1	3.58	8.000	2.625		XT-57	133.00		B	BP-B0472	N	2.00	7.000
Drill Collar	3	93.59	8.250	2.812		6 5/8 Reg	160.00		B	T61620	N	3.20	7.938
Hydraulic Jar	1	32.66	8.000	2.500		REG	154.36	4145H MOD	B	43374-C	N	2.50	7.938
Drill Collar	6	248.00	8.250	2.812		6 5/8 Reg	160.00		B	T6784	N	3.20	7.938
Cross Over	1	3.43	9.500	9.500		REG	133.00		B	152-18762	N	2.00	8.250
Drill Collar	8	241.36	9.500	3.000		REG-LT	224.49	4145H MOD (2)	B	102844	N	2.95	9.312
Unknown	1	3.06	9.610	3.000		REG-LT	133.00		B	53513-1	N	0.00	9.500
Steerable Stabilizer	1	7.95	9.650	3.000		REG	133.00		B	501612	N	9.50	2.960
MWD Tool	1	29.86	9.600	3.750		REG	133.00		B	10222763	N	1.81	9.600
Unknown	1	7.53	9.600	3.000		TCII	133.00		B	10647122	N	3.07	9.600
Steerable Motor	1	32.41	26.000	3.000		TCII	133.00		B	10430112	N	1.69	9.600
3 Point Reamer	1	4.50	26.000	3.000		TCII	133.00		B	10430112	N	1.69	9.600
Polycrystalline Diamond Bit	1	1.70	26.000			REG	133.00		P	TS049SR	N	0.30	9.250
BHA Length (ft) : 901.58													

Fuente: Equión Energía Limited

Tabla C4 Descripción BHA #3 Fase 26" Pozo Yopal 1

Workstring Purpose	DRILLING		TMD Out	350.9 (ft)		TMD In	169.9 (ft)						
Date / Time In	9/20/2009 8:00PM		Hole Size	(in)		BHA Length(ft)	829.07(ft)						
Date / Time Out	9/22/2009 4:30PM		Min. String ID	2.812 (in)		Pred.Performance							
In Air	(kip)		Wt. Below Jars (lb)	(kip)		Act Performance							
Total Rotating	25.60 (hr)		Total Sliding	0.00 (hr)		Total Circulating	26.67 (hr)						
Total Rotating Footage	205.0 (ft)		Total Sliding Footage	0.0 (ft)									
Component Type	Joints	Length (ft)	OD (in)	ID (in)	Connection		Weight (ppf)	Grade Name	Pin Box	Serial no.	Left or right spiral	Fish Neck	
					OD (in)	Name						Length (ft)	OD (in)
Heavy Weight Drill Pipe	6	182.00	5.875	3.250	7.000	XT 57	56.10	1340 MOD	B	45051039	N	1.50	6.937
Cross Over	1	3.00	8.000	2.625		XT-57	133.00		B	BP-B0472	N	2.00	7.000
Drill Collar	3	93.00	8.250	2.812		6 5/8 Reg	160.00		B	T61620	N	3.20	7.938
Hydraulic Jar	1	41.50	8.000	2.500		REG	154.36	4145H MOD	B	43374-C	N	2.50	7.938
Drill Collar	6	248.00	8.250	2.812		6 5/8 Reg	160.00		B	T6784	N	3.20	7.938
Cross Over	1	3.43	9.500	9.500		REG	133.00		B	152-18762	N	2.00	8.250
Drill Collar	6	181.72	9.500	3.000		REG-LT	224.49	4145H MOD (2)	B	102844	N	2.95	9.312
Steerable Stabilizer	1	7.95	9.650	3.000		REG	133.00		B	501612	N	9.50	2.960
Drill Collar	2	59.64	9.500	2.812		REG	220.00		B	10222763	N	1.81	9.600
Bit Sub	1	4.02	9.600	3.000		REG	133.00		B	10647229	N	2.41	9.600
Tri-Cone Bit	1	2.10	26.000			REG	133.00		P	PM1340	N	0.30	9.250
BHA Length (ft) : 829.07													

Fuente: Equión Energía Limited

Tabla C5 Descripción BHA #4 Fase 26" Pozo Yopal 1

Workstring Purpose	DRILLING	TMD Out	465.9 (ft)	TMD In	355.9 (ft)								
Date/ Time In	9/22/2009 5:30PM	Hole Size	(in)	BHA Length(ft)	829.07(ft)								
Date / Time Out	9/24/2009 12:00PM	Min. String ID	2.812 (in)	Pred.Performance									
In Air	(kip)	Wt. Below Jars (lb)	(kip)	Act Performance									
Total Rotating	7.00 (hr)	Total Sliding	0.00 (hr)	Total Circulating	18.51 (hr)								
Total Rotating Footage	110.0 (ft)	Total Sliding Footage	0.0 (ft)										
Component Type	Joints	Length (ft)	OD (in)	ID (in)	Connection		Weight (ppf)	Grade Name	Pin Box	Serial no.	Left or right spiral	Fish Neck	
					OD (in)	Name						Length (ft)	OD (in)
Heavy Weight Drill Pipe	6	182.00	5.875	3.250	7.000	XT 57	56.10	1340 MOD	B	45051039	N	1.50	6.937
Cross Over	1	3.00	8.000	2.625		XT-57	133.00		B	BP-B0472	N	2.00	7.000
Drill Collar	3	93.00	8.250	2.812		6 5/8 Reg	160.00		B	T61620	N	3.20	7.938
Hydraulic Jar	1	41.50	8.000	2.500		REG	154.36	4145H MOD	B	43374-C	N	2.50	7.938
Drill Collar	6	248.00	8.250	2.812		6 5/8 Reg	160.00		B	T6784	N	3.20	7.938
Cross Over	1	3.43	9.500	9.500		REG	133.00		B	152-18762	N	2.00	8.250
Drill Collar	6	181.72	9.500	3.000		REG-LT	224.49	4145H MOD (2)	B	102844	N	2.95	9.312
Steerable Stabilizer	1	7.95	9.650	3.000		REG	133.00		B	501612	N	9.50	2.960
Drill Collar	2	59.64	9.500	2.812		REG	220.00		B	10222763	N	1.81	9.600
Bit Sub	1	4.02	9.600	3.000		REG	133.00		B	10647229	N	2.41	9.600
Tri-Cone Bit	1	2.10	26.000			REG	133.00		P	PM1340	N	0.30	9.250
BHA Length (ft) : 829.07													

Fuente: Equión Energía Limited

Tabla C6 Descripción BHA #5 Fase 26" Pozo Yopal 1

Workstring Purpose	DRILLING	TMD Out	664.9 (ft)	TMD In	465.9 (ft)								
Date/ Time In	9/24/2009 8:35PM	Hole Size	(in)	BHA Length(ft)	784.23(ft)								
Date / Time Out	9/25/2009 6:00PM	Min. String ID	(in)	Pred.Performance									
In Air	(kip)	Wt. Below Jars (lb)	(kip)	Act Performance									
Total Rotating	4.60 (hr)	Total Sliding	0.00 (hr)	Total Circulating	8.00 (hr)								
Total Rotating Footage	199.0 (ft)	Total Sliding Footage	0.0 (ft)										
Component Type	Joints	Length (ft)	OD (in)	ID (in)	Connection		Weight (ppf)	Grade Name	Pin Box	Serial no.	Left or right spiral	Fish Neck	
					OD (in)	Name						Length (ft)	OD (in)
Drill Pipe	1	31.25	5.875	5.153	7.000	XT-57	26.09	S		585662	N	1.63	6.625
Heavy Weight Drill Pipe	6	182.00	5.875	3.250	7.000	XT 57	56.10	1340 MOD	B	45051039	N	1.50	6.937
Cross Over	1	3.00	8.000	2.625		XT-57	133.00		B	BP-B0472	N	2.00	7.000
Drill Collar	3	93.00	8.250	2.812		6 5/8 Reg	160.00		B	T61620	N	3.20	7.938
Hydraulic Jar	1	41.50	8.000	2.500		REG	154.36	4145H MOD	B	43374-C	N	2.50	7.938
Drill Collar	11	337.65	8.250	2.812		6 5/8 Reg	160.00		B	T6784	N	3.20	7.938
Unknown	1	4.30	8.000	3.875		REG	133.00			1526641	N	0.88	8.000
Unknown	1	33.01	8.000	3.875		REG	133.00			10815472	N	0.88	8.000
Cross Over	1	3.53	9.500	9.500		REG	133.00		B	152-18762	N	2.00	8.250
Unknown	1	3.06	9.610	3.000		REG-LT	133.00		B	53513-1	N	0.00	9.500
Steerable Stabilizer	1	7.95	9.650	3.000		REG	133.00		B	501612	N	9.50	2.960
Cross Over	1	2.44	9.600	3.000		REG	133.00		B	10647229	N	2.41	9.600
Steerable Motor	1	36.83	26.000	3.000		TCII	133.00		B	10430112	N	1.69	9.600
Polycrystalline Diamond Bit	1	2.00	26.000	3.000		REG	133.00		P	TS049SR	N	0.30	9.250
BHA Length (ft) : 784.23													

Fuente: Equión Energía Limited

Tabla C7 Descripción BHA #6 Fase 26" Pozo Yopal 1

Workstring Purpose	DRILLING	TMD Out	901.9 (ft)		TMD In	664.9 (ft)							
Date / Time In	9/26/2009 11:30PM	Hole Size	(in)		BHA Length(ft)	784.23(ft)							
Date / Time Out	9/27/2009 2:15PM	Min. String ID	(in)		Pred.Performance								
In Air	(kip)	Wt. Below Jars (lb)			Act Performance	(kip)							
Total Rotating	5.80 (hr)	Total Sliding	0.00 (hr)		Total Circulating	9.85 (hr)							
Total Rotating Footage	237.0 (ft)	Total Sliding Footage	0.0 (ft)										
Component Type	Joints	Length (ft)	OD (in)	ID (in)	Connection		Weight (ppf)	Grade Name	Pin Box	Serial no.	Left or right spiral	Fish Neck	
					OD (in)	Name						Length (ft)	OD (in)
Drill Pipe	1	31.25	5.875	5.153	7.000	XT-57	26.09	S		585662	N	1.63	6.625
Heavy Weight Drill Pipe	6	182.00	5.875	3.250	7.000	XT 57	56.10	1340 MOD	B	45051039	N	1.50	6.937
Cross Over	1	3.00	8.000	2.625		XT-57	133.00		B	BP-B0472	N	2.00	7.000
Drill Collar	3	93.00	8.250	2.812		6 5/8 Reg	160.00		B	T61620	N	3.20	7.938
Hydraulic Jar	1	41.50	8.000	2.500		REG	154.36	4145H MOD	B	43374-C	N	2.50	7.938
Drill Collar	11	337.65	8.250	2.812		6 5/8 Reg	160.00		B	T6784	N	3.20	7.938
Unknown	1	4.30	8.000	3.875		REG	133.00			15266411	N	0.88	8.000
Unknown	1	33.01	8.000	3.875		REG	133.00			10815472	N	0.88	8.000
Cross Over	1	3.53	9.500	9.500		REG	133.00		B	152-18762	N	2.00	8.250
Unknown	1	3.06	9.610	3.000		REG-LT	133.00		B	53513-1	N		9.500
Steerable Stabilizer	1	7.95	9.650	3.000		REG	133.00		B	501612	N	9.50	2.960
Cross Over	1	2.44	9.600	3.000		REG	133.00		B	10647229	N	2.41	9.600
Steerable Motor	1	36.83	26.000	3.000		TCII	133.00		B	10430112	N	1.69	9.600
Polycrystalline Diamond Bit	1	2.00	26.000	3.000		REG	133.00		P	TS049SR	N	0.30	9.250
BHA Length (ft) : 784.23													

Fuente: Equión Energía Limited

Tabla C8 Descripción BHA #7 Fase 26" Pozo Yopal 1

Workstring Purpose	OTHER	TMD Out	901.9 (ft)		TMD In	901.9 (ft)							
Date / Time In	9/29/2009 3:00AM	Hole Size	(in)		BHA Length(ft)	374.23(ft)							
Date / Time Out	9/30/2009 1:45AM	Min. String ID	2.500 (in)		Pred.Performance								
In Air	(kip)	Wt. Below Jars (lb)			Act Performance	(kip)							
Total Rotating	0.00 (hr)	Total Sliding	0.00 (hr)		Total Circulating	32.78 (hr)							
Total Rotating Footage	0.0 (ft)	Total Sliding Footage	0.0 (ft)										
Component Type	Joints	Length (ft)	OD (in)	ID (in)	Connection		Weight (ppf)	Grade Name	Pin Box	Serial no.	Left or right spiral	Fish Neck	
					OD (in)	Name						Length (ft)	OD (in)
Drill Pipe	1	30.10	5.875	5.153	7.000	XT-57	26.09	S		585662	N	1.63	6.625
Heavy Weight Drill Pipe	6	182.80	5.875	4.000	7.000	XT 57	56.10	1340 MOD	B	45051039	N	1.50	6.937
Cross Over	1	3.58	8.250	2.875		XT-57	133.00		B	BP-B0472	N	2.00	7.000
Drill Collar	3	91.47	8.250	2.812		REG	160.00		B	M01818	N	3.20	7.938
Unknown	1	3.13	8.438	3.500		REG	100.64		B	11172505	N	77.00	7.938
Non-Mag Crossover Sub	1	2.09	7.875	3.500		REG	105.50		B	GP1068377	N	0.96	7.875
Non-Mag Drill Collar	1	21.34	7.875	3.500		REG	148.16	15-15LC MOD (2)	B	8320B	N	6.10	7.875
Cross Over	1	1.71	7.875	2.876		REG	105.07		B	11122903	N	98.00	7.875
Unknown	1	29.17	8.562	3.250		REG	147.01		B	11286639	N	2.67	7.875
Bit Sub	1	4.03	9.500	3.000		REG	133.00		B	152BS0012	N	1.95	7.875
Tri-Cone Bit	1	2.10	26.000	3.375		REG	133.00		P	PM1340	N		
BHA Length (ft) : 374.23													

Fuente: Equión Energía Limited

Tabla C9 Descripción BHA #8 Fase 26” Pozo Yopal 1

Workstring Purpose	OTHER		TMD Out	901.9 (ft)		TMD In	901.9 (ft)						
Date/ Time In	10/1/2009 9:00AM		Hole Size	(in)		BHA Length(ft)	901.00(ft)						
Date / Time Out	10/1/2009 2:15PM		Min. String ID	2.500 (in)		Pred.Performance							
In Air	(kip)		Wt. Below Jars (lb)	(kip)		Act Performance							
Total Rotating	0.00 (hr)		Total Sliding	0.00 (hr)		Total Circulating	0.00 (hr)						
Total Rotating Footage	-328.0 (ft)		Total Sliding Footage	0.0 (ft)									
Component Type	Joints	Length (ft)	OD (in)	ID (in)	Connection		Weight (ppf)	Grade Name	Pin Box	Serial no.	Left or right spiral	Fish Neck	
					OD (in)	Name						Length (ft)	OD (in)
Drill Pipe	1	326.63	5.875	5.153	7.000	XT-57	26.09	S		585662	N	1.63	6.625
Heavy Weight Drill Pipe	6	182.80	5.875	4.000	7.000	XT 57	56.10	1340 MOD		B 45051039	N	1.50	6.937
Cross Over	1	3.58	8.250	2.875		XT-57	133.00			B BP-B0472	N	2.00	7.000
Drill Collar	3	93.51	8.250	2.812		REG	160.00			B T59545	N	3.20	7.938
Hydraulic Jar	1	41.50	8.000	2.500		REG	154.36	4145H MOD		B 43374-C	N	2.50	7.938
Drill Collar	8	244.14	8.250	2.812		REG	160.00			B T59554	N	3.20	7.938
Bit Sub	1	4.03	9.500	3.000		REG	133.00			B 152BS0012	N	1.95	7.875
Tri-Cone Bit	1	2.10	26.000	3.375		REG	133.00			P PM1340	N		
BHA Length (ft) : 901.00													

Fuente: Equión Energía Limited

Tabla C10 Descripción BHA #9 Fase 26” Pozo Yopal 1

Workstring Purpose	OTHER		TMD Out	901.9 (ft)		TMD In	901.9 (ft)						
Date/ Time In	10/2/2009 5:30PM		Hole Size	(in)		BHA Length(ft)	901.00(ft)						
Date / Time Out	10/2/2009 8:30PM		Min. String ID	2.500 (in)		Pred.Performance							
In Air	(kip)		Wt. Below Jars (lb)	(kip)		Act Performance							
Total Rotating	0.00 (hr)		Total Sliding	0.00 (hr)		Total Circulating	0.00 (hr)						
Total Rotating Footage	-621.0 (ft)		Total Sliding Footage	0.0 (ft)									
Component Type	Joints	Length (ft)	OD (in)	ID (in)	Connection		Weight (ppf)	Grade Name	Pin Box	Serial no.	Left or right spiral	Fish Neck	
					OD (in)	Name						Length (ft)	OD (in)
Drill Pipe	1	326.63	5.875	5.153	7.000	XT-57	26.09	S		585662	N	1.63	6.625
Heavy Weight Drill Pipe	6	182.80	5.875	4.000	7.000	XT 57	56.10	1340 MOD		B 45051039	N	1.50	6.937
Cross Over	1	3.58	8.250	2.875		XT-57	133.00			B BP-B0472	N	2.00	7.000
Hydraulic Jar	1	41.50	8.000	2.500		REG	154.36	4145H MOD		B 43374-C	N	2.50	7.938
Drill Collar	11	337.65	8.250	2.812		REG	160.00			B T59554	N	3.20	7.938
Bit Sub	1	4.03	9.500	3.000		REG	133.00			B 152BS0012	N	1.95	7.875
Tri-Cone Bit	1	2.10	26.000	3.375		REG	133.00			P PM1340	N		
BHA Length (ft) : 901.00													

Fuente: Equión Energía Limited

Tabla C11 Descripción BHA # 10 Fase 26” Pozo Yopal 1

Workstring Purpose	DRILL/DRESS CEMENT		TMD Out		901.9 (ft)		TMD In		901.9 (ft)				
Date/ Time In	10/3/2009 12:00PM		Hole Size		(in)		BHA Length(ft)		900.00(ft)				
Date / Time Out	10/4/2009 12:00PM		Min. String ID		2.500 (in)		Pred.Performance						
In Air	(kip)		Wt. Below Jars (lb)		(kip)		Act Performance						
Total Rotating	0.00 (hr)		Total Sliding		10.90 (hr)		Total Circulating		16.33 (hr)				
Total Rotating Footage	0.0 (ft)		Total Sliding Footage		-238.0 (ft)								
Component Type	Joints	Length (ft)	OD (in)	ID (in)	Connection		Weight (ppf)	Grade Name	Pin Box	Serial no.	Left or right spiral	Fish Neck	
					OD (in)	Name						Length (ft)	OD (in)
Drill Pipe	99	181.00	5.875	5.153		XT-57	26.09		B	585662	N	1.63	6.625
Heavy Weight Drill Pipe	6	136.03	5.875	5.153		XT-57	56.10		B	45051039	N	1.50	6.937
Cross Over	1	3.58	8.000	2.625		XT-57	133.00		B	BP-B0472	N	2.00	7.000
Drill Collar	3	93.59	8.250	3.000		REG	160.00		B	T61620	N	3.20	7.938
Hydraulic Jar	1	32.66	8.250	3.000		REG	154.36		B	43374-C	N	3.20	7.938
Drill Collar	11	337.65	8.250	3.000		REG	160.00		B	T6784	N	3.20	7.938
MWD Tool	1	57.44	8.562	3.250		REG	133.00		B	11286639	N	2.67	7.875
Cross Over	1	3.53	9.500	3.000		REG	133.00		B	HP C17096	N	2.00	8.250
Unknown	1	3.06	9.500	3.000		REG-LT	133.00		B	53513-1	N		9.500
Steerable Stabilizer	1	7.95	25.000	3.000		REG-LT	133.00		B	W-501612	N	2.96	9.500
Cross Over	1	1.76	9.500	3.750		REG-LT	133.00		B	1011426	N	0.00	9.500
Steerable Motor	1	37.04	26.000	4.000		TCII	133.00		B	10430112	N	1.63	1.500
Polycrystalline Diamond Bit	1	2.00	26.000	3.000		REG	133.00		P	7009990	N	0.50	11.500
BHA Length (ft) :		900.00											

Fuente: Equión Energía Limited

Tabla C12 Descripción BHA #11 Fase 26” Pozo Yopal 1

Workstring Purpose	OTHER		TMD Out		901.9 (ft)		TMD In		901.9 (ft)				
Date/ Time In	10/5/2009 6:15AM		Hole Size		(in)		BHA Length(ft)		791.89(ft)				
Date / Time Out	10/5/2009 1:00PM		Min. String ID		(in)		Pred.Performance						
In Air	(kip)		Wt. Below Jars (lb)		(kip)		Act Performance						
Total Rotating	0.00 (hr)		Total Sliding		0.00 (hr)		Total Circulating		0.70 (hr)				
Total Rotating Footage	-316.0 (ft)		Total Sliding Footage		0.0 (ft)								
Component Type	Joints	Length (ft)	OD (in)	ID (in)	Connection		Weight (ppf)	Grade Name	Pin Box	Serial no.	Left or right spiral	Fish Neck	
					OD (in)	Name						Length (ft)	OD (in)
Drill Pipe	1	30.00	5.875	5.153		XT-57	26.09		B	585662	N	1.63	6.625
Heavy Weight Drill Pipe	6	182.80	5.875	4.000		XT-57	56.10		B	45051039	N	1.50	6.937
Cross Over	1	3.58	8.250	2.875		XT-57	133.00		B	BP-B0472	N	2.00	7.000
Drill Collar	4	124.80	8.250	2.812		REG	160.00		B	T67784	N	3.20	7.938
Hydraulic Jar	1	32.66	8.000	3.125		REG	154.36		B	43374-C	N	2.50	7.938
Drill Collar	11	337.65	8.250	3.000		REG	160.00		B	T6784	N	3.20	7.938
Cross Over	1	3.43	8.250	3.000		REG	130.00		B	152-18762	N	2.00	8.000
Integral Blade Stabilizer	1	8.50	25.625	3.500		REG-LT	160.00		B	W-695624	N	2.03	9.312
Drill Collar	2	59.64	9.500	3.006		REG-LT	160.00		B	41535	N	2.95	9.312
Bit Sub	1	4.02	9.188	3.000		REG-LT	133.00		B	BPB0682	N	2.33	9.188
Tri-Cone Bit	1	2.10	26.000	3.375		REG	133.00		P	PM1340	N		
BHA Length (ft) :		791.89											

Fuente: Equión Energía Limited

Tabla C13 Descripción BHA #12 Fase 26” Pozo Yopal 1

Workstring Purpose	OTHER				TMD Out	901.9 (ft)	TMD In	901.9 (ft)					
Date/ Time In	10/6/2009 10:15AM				Hole Size	(in)	BHA Length(ft)	573.75(ft)					
Date / Time Out	10/6/2009 2:00PM				Min. String ID	(in)	Pred.Performance						
In Air	(kip)				Wt. Below Jars (lb)	(kip)	Act Performance						
Total Rotating	0.00 (hr)				Total Sliding	0.00 (hr)	Total Circulating	1.73 (hr)					
Total Rotating Footage	-418.0 (ft)				Total Sliding Footage	0.0 (ft)							
Component Type	Joints	Length (ft)	OD (in)	ID (in)	Connection		Weight (ppf)	Grade Name	Pin Box	Serial no.	Left or right spiral	Fish Neck	
					OD (in)	Name						Length (ft)	OD (in)
Drill Pipe	9	284.28	5.875	5.153		XT-57	26.09		B	585662	N	1.63	6.625
Heavy Weight Drill Pipe	6	182.80	5.875	4.000		XT-57	56.10		B	45051039	N	1.50	6.937
Cross Over	1	3.58	8.250	2.875		XT-57	133.00		B	BP-B0472	N	2.00	7.000
Drill Collar	1	31.19	8.250	3.000		REG	160.00		B	T60314	N	3.20	7.938
Cross Over	1	3.43	8.250	3.000		REG	130.00		B	152-18762	N	2.00	8.000
Drill Collar	2	59.64	9.500	3.006		REG-LT	160.00		B	41535	N	2.95	9.312
Bit Sub	1	4.02	9.188	3.000		REG-LT	133.00		B	BPB0682	N	2.33	9.188
Tri-Cone Bit	1	2.10	26.000	3.375		REG	133.00		P	PM1340	N		
BHA Length (ft) : 573.75													

Fuente: Equión Energía Limited

Tabla C14 Descripción BHA #13 Fase 26” Pozo Yopal 1

Workstring Purpose	DRILL/DRESS CEMENT				TMD Out	1,085.9 (ft)	TMD In	901.9 (ft)					
Date/ Time In	10/7/2009 10:45AM				Hole Size	(in)	BHA Length(ft)	796.07(ft)					
Date / Time Out	10/8/2009 11:00PM				Min. String ID	2.500 (in)	Pred.Performance						
In Air	(kip)				Wt. Below Jars (lb)	(kip)	Act Performance						
Total Rotating	0.00 (hr)				Total Sliding	11.90 (hr)	Total Circulating	26.86 (hr)					
Total Rotating Footage	0.0 (ft)				Total Sliding Footage	184.0 (ft)							
Component Type	Joints	Length (ft)	OD (in)	ID (in)	Connection		Weight (ppf)	Grade Name	Pin Box	Serial no.	Left or right spiral	Fish Neck	
					OD (in)	Name						Length (ft)	OD (in)
Drill Pipe	1	30.30	5.875	5.153		XT-57	26.09		B	585662	N	1.63	6.625
Heavy Weight Drill Pipe	6	182.80	5.875	5.153		XT-57	56.10		B	45051039	N	1.50	6.937
Cross Over	1	3.58	8.000	2.625		XT-57	133.00		B	BP-B0472	N	2.00	7.000
Drill Collar	4	121.47	8.250	3.000		REG	160.00		B	T61620	N	3.20	7.938
Hydraulic Jar	1	32.66	8.250	3.000		REG	154.36		B	43374-C	N	3.20	7.938
Drill Collar	10	309.77	8.250	3.000		REG	160.00		B	T6784	N	3.20	7.938
MWD Tool	1	57.44	8.562	3.250		REG	133.00		B	11286639	N	2.67	7.875
Cross Over	1	3.53	9.500	3.000		REG	133.00		B	HP C17096	N	2.00	8.250
Unknown	1	3.06	9.500	3.000		REG-LT	133.00		B	53513-1	N		9.500
Steerable Stabilizer	1	7.95	25.000	3.000		REG-LT	133.00		B	W-501612	N	2.96	9.500
Cross Over	1	1.76	9.500	3.750		REG-LT	133.00		B	1011426	N	0.00	9.500
Steerable Motor	1	37.04	26.000	4.000		TCII	133.00		B	10430112	N	1.63	1.500
Polycrystalline Diamond Bit	1	2.00	26.000	3.000		REG	133.00		P	7009990	N	0.50	11.500
BHA Length (ft) : 796.07													

Fuente: Equión Energía Limited

Tabla C15 Descripción BHA #14 Fase 26” Pozo Yopal 1

Workstring Purpose	DRILLING	TMD Out	1,243.9 (ft)		TMD In	1,085.9 (ft)							
Date/ Time In	10/10/2009 12:00AM	Hole Size	(in)		BHA Length(ft)	795.70(ft)							
Date / Time Out	10/11/2009 2:00AM	Min. String ID	2.500 (in)		Pred.Performance								
In Air		(kip) Wt. Below Jars (lb)			(kip) Act Performance								
Total Rotating	0.00 (hr)	Total Sliding	9.90 (hr)		Total Circulating	18.80 (hr)							
Total Rotating Footage	0.0 (ft)	Total Sliding Footage	158.0 (ft)										
Component Type	Joints	Length (ft)	OD (in)	ID (in)	Connection		Weight (ppf)	Grade Name	Pin Box	Serial no.	Left or right spiral	Fish Neck	
					OD (in)	Name						Length (ft)	OD (in)
Drill Pipe	1	30.30	5.875	5.153		XT-57	26.09		B	585662	N	1.63	6.625
Heavy Weight Drill Pipe	6	182.80	5.875	5.153		XT-57	56.10		B	45051039	N	1.50	6.937
Cross Over	1	3.58	8.000	2.625		XT-57	133.00		B	BP-B0472	N	2.00	7.000
Drill Collar	4	121.47	8.250	3.000		REG	160.00		B	T61620	N	3.20	7.938
Hydraulic Jar	1	32.66	8.250	3.000		REG	154.36		B	43374-C	N	3.20	7.938
Drill Collar	10	309.77	8.250	3.000		REG	160.00		B	T6784	N	3.20	7.938
MWD Tool	1	57.44	8.562	3.250		REG	133.00		B	11286639	N	2.67	7.875
Cross Over	1	3.53	9.500	3.000		REG	133.00		B	HP C17096	N	2.00	8.250
Unknown	1	3.06	9.500	3.000		REG-LT	133.00		B	53513-1	N		9.500
Steerable Stabilizer	1	7.95	25.000	3.000		REG-LT	133.00		B	W-501612	N	2.96	9.500
Cross Over	1	1.76	9.500	3.750		REG-LT	133.00		B	1011426	N		9.500
Steerable Motor	1	37.04	26.000	4.000		TCII	133.00		B	10430112	N	1.63	1.500
Polycrystalline Diamond Bit	1	1.63	26.000	3.250		REG	133.00		P	JY9892	N	0.31	9.188
BHA Length (ft) : 795.70													

Fuente: Equión Energía Limited

Tabla C16 Descripción BHA #15 Fase 26” Pozo Yopal 1

Workstring Purpose	DRILLING	TMD Out	1,855.9 (ft)		TMD In	1,243.9 (ft)							
Date/ Time In	10/11/2009 8:00PM	Hole Size	(in)		BHA Length(ft)	12,243.43(ft)							
Date / Time Out	10/13/2009 7:15AM	Min. String ID	2.625 (in)		Pred.Performance								
In Air		(kip) Wt. Below Jars (lb)			(kip) Act Performance								
Total Rotating	13.60 (hr)	Total Sliding	0.00 (hr)		Total Circulating	24.16 (hr)							
Total Rotating Footage	612.0 (ft)	Total Sliding Footage	0.0 (ft)										
Component Type	Joints	Length (ft)	OD (in)	ID (in)	Connection		Weight (ppf)	Grade Name	Pin Box	Serial no.	Left or right spiral	Fish Neck	
					OD (in)	Name						Length (ft)	OD (in)
Drill Pipe	1	11,427.00	5.875	5.153		XT-57	26.09		B	585662	N	1.63	6.625
Heavy Weight Drill Pipe	6	182.80	5.875	5.153		XT-57	56.10		B	45051039	N	1.50	6.937
Cross Over	1	3.58	8.000	2.625		XT-57	133.00		B	BP-B0472	N	2.00	7.000
Drill Collar	4	121.47	8.250	3.000		REG	160.00		B	T61620	N	3.20	7.938
Hydraulic Jar	1	32.66	8.250	3.000		REG	154.36		B	43374-C	N	3.20	7.938
Drill Collar	5	155.89	8.250	3.000		REG	160.00		B	T6784	N	3.20	7.938
Cross Over	1	3.43	8.250	3.000		REG	133.00		B	152-18762	N	2.00	8.250
Drill Collar	8	241.36	9.500	3.062		REG-LT	216.00		B	102844	N	2.95	9.312
MWD Tool	1	34.44	9.500	3.000		REG-LT	133.00		B	ECC945923	N	0.00	9.500
Integral Blade Stabilizer	1	8.50	9.500	3.000		REG-LT	133.00		B	W-695624	N	2.09	9.500
Pony Drill Collar	1	19.40	9.500	3.000		REG-LT	133.00		B	W-506148	N	0.00	9.562
Near Bit Stabilizer	1	8.56	9.500	3.000		REG-LT	133.00		B	W-501692	N	2.87	9.500
Polycrystalline Diamond Bit	1	1.63	26.000	3.250		REG	133.00		P	JY9892	N	0.31	9.188
BHA Length (ft) : 12,243.43													

Fuente: Equión Energía Limited

Tabla C17 Descripción BHA #16 Fase 26” Pozo Yopal 1

Workstring Purpose	DRILLING				TMD Out	2,145.9 (ft)				TMD In	1,855.9 (ft)				
Date / Time In	10/13/2009 11:59PM				Hole Size	(in)				BHA Length(ft)	12,243.43(ft)				
Date / Time Out	10/14/2009 6:00PM				Min. String ID	2.625 (in)				Pred.Performance					
In Air	(kip)				Wt. Below Jars (lb)	(kip)				Act Performance					
Total Rotating	6.10 (hr)				Total Sliding	0.00 (hr)				Total Circulating	8.96 (hr)				
Total Rotating Footage	290.0 (ft)				Total Sliding Footage	0.0 (ft)									
Component Type	Joints	Length (ft)	OD (in)	ID (in)	Connection		Weight (ppf)	Grade Name	Pin Box	Serial no.	Left or right spiral	Fish Neck			
					OD (in)	Name						Length (ft)	OD (in)		
Drill Pipe	1	11,427.00	5.875	5.153		XT-57	26.09		B	585662	N	1.63	6.625		
Heavy Weight Drill Pipe	6	182.80	5.875	5.153		XT-57	56.10		B	45051039	N	1.50	6.937		
Cross Over	1	3.58	8.000	2.625		XT-57	133.00		B	BP-B0472	N	2.00	7.000		
Drill Collar	4	121.47	8.250	3.000		REG	160.00		B	T61620	N	3.20	7.938		
Hydraulic Jar	1	32.66	8.250	3.000		REG	154.36		B	43374-C	N	3.20	7.938		
Drill Collar	5	155.89	8.250	3.000		REG	160.00		B	T6784	N	3.20	7.938		
Cross Over	1	3.43	8.250	3.000		REG	133.00		B	152-18762	N	2.00	8.250		
Drill Collar	8	241.36	9.500	3.062		REG-LT	216.00		B	102844	N	2.95	9.312		
MWD Tool	1	34.44	9.500	3.000		REG-LT	133.00		B	ECC945923	N		9.500		
Integral Blade Stabilizer	1	8.50	9.500	3.000		REG-LT	133.00		B	W-695624	N	2.09	9.500		
Pony Drill Collar	1	19.40	9.500	3.000		REG-LT	133.00		B	W-506148	N		9.562		
Near Bit Stabilizer	1	8.56	9.500	3.000		REG-LT	133.00		B	W-501692	N	2.87	9.500		
Polycrystalline Diamond Bit	1	1.63	26.000	3.250		REG	133.00		P	JY9892	N	0.31	9.188		
BHA Length (ft) : 12,243.43															

Fuente: Equión Energía Limited

Tabla C18 Descripción BHA #17 Fase 26” Pozo Yopal 1

Workstring Purpose	DRILLING				TMD Out	2,370.9 (ft)				TMD In	2,145.9 (ft)				
Date / Time In	10/15/2009 3:00PM				Hole Size	(in)				BHA Length(ft)	12,242.31(ft)				
Date / Time Out	10/16/2009 8:45PM				Min. String ID	2.625 (in)				Pred.Performance					
In Air	(kip)				Wt. Below Jars (lb)	(kip)				Act Performance					
Total Rotating	11.00 (hr)				Total Sliding	0.00 (hr)				Total Circulating	16.49 (hr)				
Total Rotating Footage	225.0 (ft)				Total Sliding Footage	0.0 (ft)									
Component Type	Joints	Length (ft)	OD (in)	ID (in)	Connection		Weight (ppf)	Grade Name	Pin Box	Serial no.	Left or right spiral	Fish Neck			
					OD (in)	Name						Length (ft)	OD (in)		
Drill Pipe	1	11,427.00	5.875	5.153		XT-57	26.09		B	585662	N	1.63	6.625		
Heavy Weight Drill Pipe	6	182.80	5.875	5.153		XT-57	56.10		B	45051039	N	1.50	6.937		
Cross Over	1	3.58	8.000	2.625		XT-57	133.00		B	BP-B0472	N	2.00	7.000		
Drill Collar	4	121.47	8.250	3.000		REG	160.00		B	T61620	N	3.20	7.938		
Hydraulic Jar	1	32.66	8.250	3.000		REG	154.36		B	43374-C	N	3.20	7.938		
Drill Collar	5	155.89	8.250	3.000		REG	160.00		B	T6784	N	3.20	7.938		
Cross Over	1	3.43	8.250	3.000		REG	133.00		B	152-18762	N	2.00	8.250		
Drill Collar	8	241.36	9.500	3.062		REG-LT	216.00		B	102844	N	2.95	9.312		
MWD Tool	1	34.44	9.500	3.000		REG-LT	133.00		B	ECC945923	N		9.500		
Integral Blade Stabilizer	1	7.38	9.500	3.000		REG-LT	133.00		B	W-501690	N	2.09	9.500		
Pony Drill Collar	1	19.40	9.500	3.000		REG-LT	133.00		B	W-506148	N		9.562		
Near Bit Stabilizer	1	8.56	9.500	3.000		REG-LT	133.00		B	W-501692	N	2.87	9.500		
Polycrystalline Diamond Bit	1	1.63	26.000	3.250		REG	133.00		P	JY9892	N	0.31	9.188		
BHA Length (ft) : 12,242.31															

Fuente: Equión Energía Limited

Tabla C19 Descripción BHA #18 Fase 26” Pozo Yopal 1

Workstring Purpose	DRILLING	TMD Out	3,184.9 (ft)		TMD In	2,370.9 (ft)							
Date/ Time In	10/20/2009 12:00AM	Hole Size	(in)		BHA Length(ft)	893.24(ft)							
Date / Time Out	10/24/2009 1:00AM	Min. String ID	2.500 (in)		Pred.Performance								
In Air	(kip)	Wt. Below Jars (lb)	(kip)		Act Performance								
Total Rotating	0.00 (hr)	Total Sliding	30.30 (hr)		Total Circulating	47.75 (hr)							
Total Rotating Footage	0.0 (ft)	Total Sliding Footage	814.0 (ft)										
Component Type	Joints	Length (ft)	OD (in)	ID (in)	Connection		Weight (ppf)	Grade Name	Pin Box	Serial no.	Left or right spiral	Fish Neck	
					OD (in)	Name						Length (ft)	OD (in)
Drill Pipe	49	2,004.76	5.875	5.045	7.000	XT 57	29.44	S	B	58522	N	2.36	5.000
Cross Over	1	3.58	5.875	2.750		XT-57	24.20		B	BPBO614	N	2.00	7.062
Heavy Weight Drill Pipe	3	92.10	5.875	4.250		XT-57	56.10		B	45051354	N	1.45	6.938
Accelerator	1	34.49	8.000	3.000		REG	216.00		B	296996	N	2.54	8.000
Cross Over	1	4.10	5.875	3.000		REG	56.10		B	BPBO470	N	1.54	8.000
Heavy Weight Drill Pipe	7	213.50	5.875	4.250		XT-57	56.10		B	45051354	N	1.45	6.938
Cross Over	1	3.58	5.875	2.750		XT-57	24.20		B	BPBO472	N	2.00	7.062
Drill Collar	3	91.03	8.000	3.000		REG	216.00		B	94380	N	2.95	9.310
Hydraulic Jar	1	33.50	8.000	3.000		REG	216.00		B	04388H	N	2.55	8.062
Drill Collar	3	91.97	8.000	3.000		REG	216.00		B	94380	N	2.95	9.310
Cross Over	1	3.53	9.500	3.000		REG	217.00		B	17096	N	2.00	8.250
Drill Collar	8	241.36	9.500	3.000		REG	217.00		B	33036	N	2.95	93.100
MWD Tool	1	29.87	9.500	3.750		REG	216.00		B	ZDRLN5659	N	0.15	9.500
MWD Tool	1	7.55	9.500	3.000		TCII	216.00		B	10647129	N	0.26	9.500
Steerable Motor	1	36.48	9.500	3.000		REG-LT	216.00		B	10428397	N	2.10	9.500
Polycrystalline Diamond Bit	1	1.47	18.500	3.500		REG	216.00		P	126104	N	0.63	9.750
BHA Length (ft) : 893.24													

Fuente: Equión Energía Limited

Tabla C20 Descripción BHA #1 Fase 36” Pozo Yopal 2

Workstring Purpose	DRILLING	TMD Out	137.2 (ft)		TMD In	1.2 (ft)							
Date/ Time In	9/3/2011 12:30AM	Hole Size	(in)		BHA Length(ft)	148.70(ft)							
Date / Time Out	9/3/2011 7:15PM	Min. String ID	3.000 (in)		Pred.Performance								
In Air	(kip)	Wt. Below Jars (lb)	(kip)		Act Performance								
Total Rotating	11.63 (hr)	Total Sliding	0.00 (hr)		Total Circulating	17.34 (hr)							
Total Rotating Footage	136.0 (ft)	Total Sliding Footage	0.0 (ft)										
Component Type	Joints	Length (ft)	OD (in)	ID (in)	Connection		Weight (ppf)	Grade Name	Pin Box	Serial no.	Left or right spiral	Fish Neck	
					OD (in)	Name						Length (ft)	OD (in)
Unknown	1	7.66	9.500	3.125		FH			B		N	1.30	8.563
Spiral Drill Collar	4	122.01	9.500	3.000		REG-LT			B	121198-5	N	2.60	9.438
Pony Drill Collar	1	5.02	9.500	3.250		REG-LT			B	505410	N		9.500
Unknown	1	2.98	9.625			REG-LT			B	L6190811	N		9.625
Bit Sub	1	3.02	9.500			REG-LT			B	BPB0747	N		9.500
Cross Over	1	4.39	9.688			REG-LT			B	BPB0326	N	1.75	9.688
Tri-Cone Bit	1	3.62	36.000			REG			P	1209566	N	1.75	10.000
BHA Length (ft) : 148.70													

Fuente: Equión Energía Limited

Tabla C21 Descripción BHA #2 Fase 36” Pozo Yopal 2

Workstring Purpose	DRILL/DRESS CEMENT		TMD Out	143.2 (ft)	TMD In	137.2 (ft)							
Date/ Time In	9/4/2011 6:30PM		Hole Size	(in)	BHA Length(ft)	189.55(ft)							
Date / Time Out	9/5/2011 6:00AM		Min. String ID	3.000 (in)	Pred.Performance								
In Air	(kip)		Wt. Below Jars (lb)		Act Performance								
Total Rotating	4.00 (hr)		Total Sliding	0.00 (hr)	Total Circulating	7.08 (hr)							
Total Rotating Footage	6.0 (ft)		Total Sliding Footage	0.0 (ft)									
Component Type	Joints	Length (ft)	OD (in)	ID (in)	Connection		Weight (ppf)	Grade Name	Pin Box	Serial no.	Left or right spiral	Fish Neck	
					OD (in)	Name						Length (ft)	OD (in)
Drill Collar	6	183.33	9.500	3.000		REG-LT			B	102835	N	3.00	9.313
Bit Sub	1	3.94	9.500	3.000		REG-LT			B	13307-1099	N		9.500
Tri-Cone Bit	1	2.28	26.000	3.438		REG			P	BT0663	N		
BHA Length (ft) : 189.55													

Fuente: Equión Energía Limited

Tabla C22 Descripción BHA #2 Fase 26” Pozo Yopal 2

Workstring Purpose	DRILL/DRESS CEMENT		TMD Out	143.2 (ft)	TMD In	137.2 (ft)							
Date/ Time In	9/4/2011 6:30PM		Hole Size	(in)	BHA Length(ft)	189.55(ft)							
Date / Time Out	9/5/2011 6:00AM		Min. String ID	3.000 (in)	Pred.Performance								
In Air	(kip)		Wt. Below Jars (lb)		Act Performance								
Total Rotating	4.00 (hr)		Total Sliding	0.00 (hr)	Total Circulating	7.08 (hr)							
Total Rotating Footage	6.0 (ft)		Total Sliding Footage	0.0 (ft)									
Component Type	Joints	Length (ft)	OD (in)	ID (in)	Connection		Weight (ppf)	Grade Name	Pin Box	Serial no.	Left or right spiral	Fish Neck	
					OD (in)	Name						Length (ft)	OD (in)
Drill Collar	6	183.33	9.500	3.000		REG-LT			B	102835	N	3.00	9.313
Bit Sub	1	3.94	9.500	3.000		REG-LT			B	13307-1099	N		9.500
Tri-Cone Bit	1	2.28	26.000	3.438		REG			P	BT0663	N		
BHA Length (ft) : 189.55													

Fuente: Equión Energía Limited

Tabla C23 Descripción BHA #3 Fase 26” Pozo Yopal 2

Workstring Purpose		DRILLING		TMD Out		823.2 (ft)		TMD In		143.2 (ft)			
Date/ Time In		9/5/2011 6:30AM		Hole Size		(in)		BHA Length(ft)		745.21(ft)			
Date / Time Out		9/9/2011 6:00PM		Min. String ID		2.750 (in)		Pred.Performance					
In Air		(kip)		Wt. Below Jars (lb)		(kip)		Act Performance					
Total Rotating		65.98 (hr)		Total Sliding		0.00 (hr)		Total Circulating		95.71 (hr)			
Total Rotating Footage		660.0 (ft)		Total Sliding Footage		0.0 (ft)							
Component Type	Joints	Length (ft)	OD (in)	ID (in)	Connection		Weight (ppf)	Grade Name	Pin Box	Serial no.	Left or right spiral	Fish Neck	
					OD (in)	Name						Length (ft)	OD (in)
Heavy Weight Drill Pipe	6	184.30	6.625	4.500		FH			B	30218	N	1.70	8.250
Cross Over	1	3.27	8.000	2.813		FH			B	152000015	N		8.000
Hydraulic Jar	1	33.52	8.000	3.000		REG			B	99251E	N	2.05	8.000
Cross Over	1	3.59	8.500	2.875		REG			B	1520014	N	1.98	8.000
Heavy Weight Drill Pipe	5	153.59	6.625	4.500		FH			B	GP54846N	N	1.68	8.500
Cross Over	1	3.59	8.000	2.875		FH			B	15210018	N		8.000
Drill Collar	3	90.78	8.250	2.813		REG			B	86691	N	3.07	7.813
Cross Over	1	3.56	9.313	3.000		REG			B	BPB0652	N	2.06	8.000
Drill Collar	6	183.33	9.500	3.000		REG-LT			B	102835	N	3.00	9.313
Float Sub	1	3.57	9.500	2.750		REG-LT			B	12196	N		9.500
Integral Blade Stabilizer	1	9.83	9.500	3.000		REG-LT			B	55079	N	3.14	9.563
Cross Over	1	1.64	9.438	3.250		REG-LT			B	310307	N		9.438
MWD Tool	1	3.18	10.063	3.500		REG			B	11539602	N	0.93	9.500
MWD Tool	1	2.06	9.500	3.500		REG			B	11638805	N		9.500
Non-Mag Drill Collar	1	22.09	9.500	3.500		REG			B	57661004	N		9.500
MWD Tool	1	11.71	9.500	3.250		REG			B	CB-9026763	N		9.500
Integral Blade Stabilizer	1	9.80	9.500	3.000		REG-LT			B	55069	N	3.02	9.500
Steerable Motor	1	19.52	7.625	3.000		REG-LT			B	65109	N	1.50	10.000
Tri-Cone Bit	1	2.28	26.000	3.438		REG			P	BT0663	N		
BHA Length (ft) :		745.21											

Fuente: Equión Energía Limited

Tabla C24 Descripción BHA #4 Fase 26" Pozo Yopal 2

Workstring Purpose	DRILLING	TMD Out	1,440.2 (ft)		TMD In	823.2 (ft)							
Date/ Time In	9/10/2011 7:45AM	Hole Size	(in)		BHA Length(ft)	751.20(ft)							
Date / Time Out	9/13/2011 2:30PM	Min. String ID	(in)		Pred.Performance								
In Air	(kip)	Wt. Below Jars (lb)	(kip)		Act Performance								
Total Rotating	59.57 (hr)	Total Sliding	0.00 (hr)		Total Circulating	77.40 (hr)							
Total Rotating Footage	617.0 (ft)	Total Sliding Footage	0.0 (ft)										
Component Type	Joints	Length (ft)	OD (in)	ID (in)	Connection		Weight (ppf)	Grade Name	Pin Box	Serial no.	Left or right spiral	Fish Neck	
					OD (in)	Name						Length (ft)	OD (in)
Heavy Weight Drill Pipe	6	184.30	6.625	4.500		FH			B	30218	N	1.70	8.250
Cross Over	1	3.27	8.000	2.813		FH			B	152000015	N		8.000
Hydraulic Jar	1	33.52	8.000	3.000		REG			B	99251E	N	2.05	8.000
Cross Over	1	3.59	8.500	2.875		REG			B	1520014	N	1.98	8.000
Heavy Weight Drill Pipe	5	153.59	6.625	4.500		FH			B	GP5486N	N	1.68	8.500
Cross Over	1	3.59	8.000	2.875		FH			B	15210018	N		8.000
Drill Collar	3	90.78	8.250	2.813		REG			B	86691	N	3.07	7.813
Cross Over	1	3.56	9.313	3.000		REG			B	BPB0652	N	2.06	8.000
Drill Collar	6	183.33	9.500	3.000		REG-LT			B	102835	N	3.00	9.313
Shock Sub	1	15.82	9.688	3.000		REG-LT			B	IS950133	N	2.20	9.688
Float Sub	1	3.57	9.500	2.750		REG-LT			B	12196	N		9.500
Cross Over	1	1.64	9.438	3.250		REG-LT			B	310307	N		9.438
MWD Tool	1	3.18	10.063	3.500		REG			B	11539602	N	0.93	9.500
MWD Tool	1	2.06	9.500	3.500		REG			B	11638805	N		9.500
Non-Mag Drill Collar	1	22.09	9.500	3.500		REG			B	57661004	N		9.500
Logging While Drilling	1	11.71	9.500	3.250		REG			B	CB-9026763	N		9.500
Integral Blade Stabilizer	1	9.80	9.500	3.000		REG-LT			B	55069	N	3.02	9.500
Steerable Motor	1	19.52	7.625	3.000		REG-LT			B	65109	N	1.50	10.000
Tri-Cone Bit	1	2.28	26.000	3.438		REG			P	BT0663	N		

BHA Length (ft) : 751.20

Fuente: Equión Energía Limited

Tabla C25 Descripción BHA #5 Fase 26" Pozo Yopal 2

Workstring Purpose	DRILLING	TMD Out	2,213.2 (ft)		TMD In	1,440.2 (ft)							
Date / Time In	9/14/2011 6:30AM	Hole Size	(in)		BHA Length(ft)	834.02(ft)							
Date / Time Out	9/17/2011 12:00PM	Min. String ID	(in)		Pred.Performance								
In Air	(kip)	Wt. Below Jars (lb)	(kip)		Act Performance								
Total Rotating	32.68 (hr)	Total Sliding	0.00 (hr)		Total Circulating	45.70 (hr)							
Total Rotating Footage	773.0 (ft)	Total Sliding Footage	0.0 (ft)										
Component Type	Joints	Length (ft)	OD (in)	ID (in)	Connection		Weight (ppf)	Grade Name	Pin Box	Serial no.	Left or right spiral	Fish Neck	
					OD (in)	Name						Length (ft)	OD (in)
Heavy Weight Drill Pipe	2	60.25	6.625	4.500		FH			B	54845	N	1.67	8.500
Cross Over	1	3.59	8.188	2.875		FH			B	BP-0660	N		8.188
Accelerator	1	33.19	8.000	3.063		REG			B	00221A	N	2.03	8.000
Cross Over	1	3.27	8.125	2.875		REG			B	BP-B028 2A	N		8.125
Heavy Weight Drill Pipe	6	184.30	6.625	4.500		FH			B	50769	N	1.21	8.000
Cross Over	1	3.27	8.000	2.813		FH			B	1520000 15	N		8.000
Drilling Jar	1	32.26	8.000	3.000		REG			B	43374	N	1.99	8.000
Cross Over	1	3.59	8.000	2.875		REG			B	1520014	N	1.98	8.000
Heavy Weight Drill Pipe	5	153.59	6.625	4.500		FH			B	GP5484 6N	N	1.68	8.500
Cross Over	1	3.59	8.000	2.875		FH			B	1521001 8	N		8.000
Drill Collar	6	184.08	8.250	2.875		REG			B	T59554	N	3.42	7.938
Cross Over	1	3.44	9.188	3.000		REG			B	BP-B004 2	N	1.90	8.250
Drill Collar	3	91.64	9.500	3.000		REG-LT			B	R19221-1 / 59419 / 05T76	N	2.83	9.313
Float Sub	1	3.57	9.500	2.750		REG-LT			B	12196	N		9.500
Cross Over	1	1.64	9.438	3.250		REG-LT			B	310307	N		9.438
MWD Tool	1	3.18	10.063	3.500		REG			B	1153960 2	N	0.93	9.500
MWD Tool	1	2.06	9.500	3.500		REG			B	1163880 5	N		9.500
Non-Mag Drill Collar	1	22.09	9.500	3.500		REG			B	5766100 4	N		9.500
Logging While Drilling	1	9.78	9.500	3.250		REG			B	CB-9026 763	N		9.500
Cross Over	1	1.69	9.500	3.250		REG			B	111108	N		9.500
Integral Blade Stabilizer	1	8.76	7.625	3.000		REG-LT			B	W54139	N	2.99	9.500
Cross Over	1	3.00	8.375	2.875		REG-LT			B	LG01091 1	N	1.46	10.000
Steerable Motor	1	16.60	7.625	3.000		REG			B	57477	N	1.51	10.000
Polycrystalline Diamond Bit	1	1.59	26.000	3.250		REG			P	PY9892	N	1.32	9.250
BHA Length (ft) :		834.02											

Fuente: Equión Energía Limited

Tabla C26 Descripción BHA #6 Fase 26” Pozo Yopal 2

Workstring Purpose		DRILLING			TMD Out		2,627.2 (ft)		TMD In		2,213.2 (ft)		
Date/ Time In		9/17/2011 9:00PM			Hole Size		(in)		BHA Length(ft)		849.34(ft)		
Date / Time Out		9/19/2011 1:30PM			Min. String ID		(in)		Pred.Performance				
In Air		(kip)			Wt. Below Jars (lb)		(kip)		Act Performance				
Total Rotating		19.08 (hr)			Total Sliding		0.00 (hr)		Total Circulating		33.46 (hr)		
Total Rotating Footage		414.0 (ft)			Total Sliding Footage		0.0 (ft)						
Component Type	Joints	Length (ft)	OD (in)	ID (in)	Connection		Weight (ppf)	Grade Name	Pin Box	Serial no.	Left or right spiral	Fish Neck	
					OD (in)	Name						Length (ft)	OD (in)
Heavy Weight Drill Pipe	2	60.25	6.625	4.500		FH			B	54845	N	1.67	8.500
Cross Over	1	3.59	8.188	2.875		FH			B	BP-0660	N		8.188
Accelerator	1	33.57	8.000	3.000		REG			B	00215B	N	2.54	8.063
Cross Over	1	3.27	8.125	2.875		REG			B	BP-B028 2A	N		8.125
Heavy Weight Drill Pipe	6	184.30	6.625	4.500		FH			B	50769	N	1.21	8.000
Cross Over	1	3.27	8.000	2.813		FH			B	1520000 15	N		8.000
Drilling Jar	1	32.26	8.000	3.000		REG			B	43374	N	1.99	8.000
Cross Over	1	3.59	8.000	2.875		REG			B	1520014	N	1.98	8.000
Heavy Weight Drill Pipe	5	153.59	6.625	4.500		FH			B	GP5484 6N	N	1.68	8.500
Cross Over	1	3.59	8.000	2.875		FH			B	1521001 8	N		8.000
Drill Collar	6	184.08	8.250	2.875		REG			B	T59554	N	3.42	7.938
Cross Over	1	3.44	9.188	3.000		REG			B	BP-B004 2	N	1.90	8.250
Drill Collar	3	91.64	9.500	3.063		REG-LT			B	R19221-1 / 59419 / 05T76	N	2.83	9.313
Shock Sub	1	15.85	9.500	3.000		REG-LT			B	768455	N	2.21	9.688
Float Sub	1	3.57	9.500	2.750		REG-LT			B	12196	N		9.500
Cross Over	1	1.64	9.438	3.250		REG-LT			B	310307	N		9.438
MWD Tool	1	3.18	10.063	3.500		REG			B	1153960 2	N	0.93	9.500
MWD Tool	1	2.06	9.500	3.500		REG			B	1163880 5	N		9.500
Non-Mag Drill Collar	1	22.09	9.500	3.500		REG			B	5766100 4	N		9.500
Logging While Drilling	1	9.78	9.500	3.250		REG			B	CB-9026 763	N		9.500
Cross Over	1	1.69	9.500	3.250		REG			B	111108	N		9.500
Integral Blade Stabilizer	1	7.81	7.625	3.000		REG-LT			B	W69730 0	N	2.36	9.500
Cross Over	1	3.04	8.000	2.875		REG-LT			B	LG01091 1	N	1.53	10.000
Steerable Motor	1	16.60	7.625	2.875		REG			B	57477	N		11.188
Polycrystalline Diamond Bit	1	1.59	26.000	3.250		REG			P	PY9892	N	1.32	9.250
BHA Length (ft) :		849.34											

Fuente: Equión Energía Limited

Tabla C27 Descripción BHA #7 Fase 26" Pozo Yopal 2

Workstring Purpose	DRILL/DRESS CEMENT			TMD Out	2,647.2 (ft)			TMD In	2,627.2 (ft)				
Date / Time In	9/25/2011 9:00PM			Hole Size	(in)			BHA Length(ft)	959.14(ft)				
Date / Time Out	9/26/2011 9:00PM			Min. String ID	2.813 (in)			Pred.Performance					
In Air	(kip)			Wt. Below Jars (lb)	(kip)			Act Performance					
Total Rotating	6.00 (hr)			Total Sliding	0.00 (hr)			Total Circulating	7.20 (hr)				
Total Rotating Footage	20.0 (ft)			Total Sliding Footage	0.0 (ft)								
Component Type	Joints	Length (ft)	OD (in)	ID (in)	Connection		Weight (ppf)	Grade Name	Pin Box	Serial no.	Left or right spiral	Fish Neck	
					OD (in)	Name						Length (ft)	OD (in)
Heavy Weight Drill Pipe	3	92.04	5.875	4.000		XT-57	56.10		B		N	1.69	7.000
Cross Over	1	3.74	8.000	2.000		XT-57	56.10		B	208787-6	N	2.10	7.000
Accelerator	1	34.48	8.000	3.000		REG	160.00		B	04497H	N	2.12	8.000
Cross Over	1	3.20	8.000	2.000		REG	56.10		B	BP-B0500	N	2.07	8.000
Heavy Weight Drill Pipe	11	337.40	5.875	4.000		XT-57	56.10		B		N	1.95	7.000
Cross Over	1	3.76	8.000	2.000		XT-57	56.10		B	208787-5	N	2.12	7.000
Hydraulic Jar	1	32.19	8.000	3.000		REG	160.00		B	WDAH03169	N	1.90	8.000
Cross Over	1	3.42	8.000	2.000		REG	56.10		B	BP-B0645	N	1.98	8.000
Heavy Weight Drill Pipe	5	153.41	5.875	4.000		XT-57	56.10		B		N	1.68	7.000
Cross Over	1	3.45	8.000	2.000		XT-57	160.00		B	BP-B0612	N	1.95	7.000
Drill Collar	6	184.08	8.250	2.000		REG	160.00		B		N	3.25	7.000
Cross Over	1	3.44	9.188	3.000		REG	216.00		B	BP-B0042	N	1.90	8.000
Drill Collar	2	60.36	9.500	3.000		REG-LT	216.00		B		N	3.16	9.000
Integral Blade Stabilizer	1	7.22	9.500	3.000		REG-LT	216.00		B	506209	N	2.92	9.000
Drill Collar	1	31.28	9.500	3.000		REG-LT	216.00		B	R19221-1	N	3.37	9.000
Bit Sub	1	4.16	9.500	3.000		REG-LT			B	BP-B0380	N		9.000
Tri-Cone Bit	1	1.51	18.500	3.000		REG			P	YD7456	N		
BHA Length (ft) : 959.14													

Fuente: Equión Energía Limited

Tabla C28 Descripción BHA #1 Fase 36" Pozo Yopal 3

BHA # 1													
Assembly Name		Run No.	Workstring Purpose				TMD In (ft)	TMD Out (ft)	BHA Length (ft)				
36" Drilling Assembly		1	DRILLING				135.0	135.0	142.89				
Date/ Time In: 13/01/2012 00:00		Hole Size: 36.000 (in)		Pred.Performance:									
Date / Time Out: 13/01/2012 22:30		Min. String ID:		Act Performance:									
In Air:		Wt. Below Jars (lb):											
Total Rotating: 17.20 (hr)		Total Sliding: 0.00 (hr)		Total Circulating: 19.50 (hr)									
Total Rotating Footage: 0.0 (ft)		Total Sliding Footage: 0.0 (ft)											
Component Name	Joints	Length (ft)	OD (in)	ID (in)	Connection		Weight (ppf)	Grade Name	Pin Box	Serial No.	Left Or Right Spiral	Fish Neck	
					OD (in)	Name						Length (ft)	OD (in)
Cross Over	1	8.21	9.500	3.375	8.625	REG	189.00	CT-100	B	BPBO602	N	7.06	1.240
Drill Collar	4	122.83	9.500	3.062	7.625	REG	216.00	CT-100	PB	102841	N	3.00	9.500
Bit Sub	1	4.21	9.500	3.000	7.625	REG	115.00	CT-100	B	BPBO693	N	2.00	9.500
Cross Over	1	4.38	11.000	3.000	7.625	REG	115.00	CT-100	P	BPBO326	N	11.00	2.000
Mill	1	3.26	36.000	3.000	7.625	REG	582.00		P	1209566	N	0.20	9.937
BHA Length (ft)			142.89										

Fuente: Equión Energía Limited

Tabla C29 Descripción BHA #2 Fase 36" Pozo Yopal 3

BHA # 2													
Assembly Name		Run No.	Workstring Purpose				TMD In (ft)	TMD Out (ft)	BHA Length (ft)				
Hole Opener		1R	HOLE OPENING				134.0	134.0	150.74				
Date/ Time In: 14/01/2012 00:00		Hole Size: 42.000 (in)		Pred.Performance:									
Date / Time Out: 14/01/2012 17:00		Min. String ID:		Act Performance:									
In Air:		Wt. Below Jars (lb):											
Total Rotating: 0.00 (hr)		Total Sliding: 0.00 (hr)		Total Circulating: 5.50 (hr)									
Total Rotating Footage: 1.0 (ft)		Total Sliding Footage: 0.0 (ft)											
Component Name	Joints	Length (ft)	OD (in)	ID (in)	Connection		Weight (ppf)	Grade Name	Pin Box	Serial No.	Left Or Right Spiral	Fish Neck	
					OD (in)	Name						Length (ft)	OD (in)
Cross Over	1	8.21	9.500	3.375	8.625	REG	115.00	CT-100	B	BPBO602	N	7.06	1.240
Drill Collar	4	122.83	9.500	3.062	7.625	REG	216.00	CT-100	B	102841	N	3.00	9.500
Bit Sub	1	4.21	9.500	3.000	7.625	REG	115.00	CT-100	B	BPBO693	N	2.00	9.500
Hole Opener	1	7.85	42.000	3.000	7.625	REG LT	582.00			4204	N	9.50	2.000
Cross Over	1	4.38	11.000	3.000	7.625	REG LT	115.00	CT-100	P	BPBO326	N	11.00	2.000
Tri-Cone Bit	1	3.26	36.000	3.000	7.625	REG LT	582.00		P	1209566	N	0.20	9.938
BHA Length (ft)			150.74										

Fuente: Equión Energía Limited

Tabla C30 Descripción BHA #3 Fase 26" Pozo Yopal 3

BHA # 3													
Assembly Name	Run No.	Workstring Purpose					TMD In (ft)	TMD Out (ft)	BHA Length (ft)				
26" Drilling Assembly	2	DRILLING					126.0	1,143.0	860.38				
Date/ Time In: 17/01/2012 06:00		Hole Size: 26.000 (in)		Pred.Performance:									
Date / Time Out: 24/01/2012 19:00		Min. String ID:		Act Performance:									
In Air:		Wt. Below Jars (lb):											
Total Rotating: 113.70 (hr)		Total Sliding: 0.00 (hr)		Total Circulating: 142.10 (hr)									
Total Rotating Footage: 1,018.0 (ft)		Total Sliding Footage: 0.0 (ft)											
Component Name	Joints	Length (ft)	OD (in)	ID (in)	Connection		Weight (ppf)	Grade Name	Pin Box	Serial No.	Left Or Right Spiral	Fish Neck	
					OD (in)	Name						Length (ft)	OD (in)
Heavy Weight Drill Pipe	6	184.08	5.625	4.000	7.000	XT-57	56.10	K-55	B	121769	N	7.00	1.600
Cross Over	1	3.74	8.000	2.875	6.625	XT57	93.00	CT-100		208787-3	N		
Drill Collar	3	93.19	8.000	2.875	6.625	REG	160.00	CT-100		65448	N		
Hydraulic Jar	1	32.39	8.000	3.000	6.625	REG	223.00		B	03929C	N	2.00	8.000
Drill Collar	11	337.99	8.000	2.725	6.625	REG	160.00	CT-100	B	03929C	N	3.30	8.000
Cross Over	1	2.89	9.125	2.937	6.625	REG	93.00	CT-100	B	133-82	N	8.00	1.600
Drill Collar	3	92.10	9.500	3.062	7.625	REG LT	216.00	CT-100	B	13561	N	3.00	9.500
Integral Blade Stabilizer	1	7.45	25.500	3.375	7.625	REG LT	73.00	CT-100	B	695624	N	1.95	9.750
Drill Collar	1	30.73	9.500	3.062	7.625	REG LT	216.00	CT-100	B	102841	N	3.00	9.500
Integral Blade Stabilizer	1	7.41	25.500	3.375	7.625	REG LT	223.00	CT-100	B	697424	N	1.95	9.750
Cross Over	1	1.58	9.500	3.251	7.625	REG LT	93.00	CT-100	B	290307	N	1.50	9.500
MWD Tool	1	3.18	10.000	3.500	7.625	REG	115.00		B	11539602	N	0.80	10.000
MWD Tool	1	24.15	9.500	3.500	7.625	REG	115.00		B	10442200	N	1.00	9.500
MWD Tool	1	11.50	9.437	3.500	7.625	REG	115.00		B	11181051	N	3.20	9.437
Shock Sub	1	16.07	9.690	3.000	7.625	REG	93.00		B	950735	N	2.00	9.500
Cross Over	1	1.20	9.500	3.500	7.625	REG	93.00	CT-100	B	180608	N	1.20	9.500
Near Bit Stabilizer	1	8.45	25.000	4.937	7.625	REG	223.00		B	501693	N	3.03	9.500
Tri-Cone Bit	1	2.28	26.000	3.375	7.625	REG	583.00		P	BT0662	N		9.500
BHA Length (ft)		860.38											

Fuente: Equión Energía Limited

Tabla C31 Descripción BHA #4 Fase 26" Pozo Yopal 3

BHA # 4							
Assembly Name	Run No.	Workstring Purpose			TMD In (ft)	TMD Out (ft)	BHA Length (ft)
26" Drilling Assembly	3	DRILLING			1,143.0	1,216.0	748.83
Date/ Time In: 25/01/2012 00:00		Hole Size:		Pred.Performance:			
Date / Time Out: 27/01/2012 04:30		Min. String ID:		Act Performance:			
In Air:		Wt. Below Jars (lb):					
Total Rotating: 5.40 (hr)		Total Sliding: 0.00 (hr)		Total Circulating: 12.10 (hr)			
Total Rotating Footage: 74.0 (ft)		Total Sliding Footage: 0.0 (ft)					

Component Name	Joints	Length (ft)	OD (in)	ID (in)	Connection		Weight (ppf)	Grade Name	Pin Box	Serial No.	Left Or Right Spiral	Fish Neck	
					OD (in)	Name						Length (ft)	OD (in)
Heavy Weight Drill Pipe	6	184.08	5.625	4.000	7.000	XT-57	56.10	K-55	B	121769	N	7.00	1.600
Cross Over	1	3.74	8.000	2.875	7.000	XT57	93.00	K-55		121769	N	2.10	7.000
Drill Collar	3	93.19	8.000	2.875	6.625	REG	150.00	CT-100		208787-3	N		
Hydraulic Jar	1	32.57	8.000	3.000	6.625	REG	103.00		B	65448	N	2.48	9.500
Drill Collar	8	245.83	8.000	2.937	6.625	REG	150.00	CT-100	B	99251E	N		
Cross Over	1	3.59	9.312	3.000	6.625	REG	93.00	CT-100	B	O41826	N	3.59	9.312
Drill Collar	3	91.58	9.500	3.000	7.625	REG LT	216.00	CT-100	B	BPB80680	N	3.00	9.500
Near Bit Stabilizer	1	8.40	25.000	3.375	7.625	REG LT	223.00	CT-100	B	39904	N	2.85	9.750
Cross Over	1	1.39	9.562	3.250	7.625	REG LT	93.00	CT-100		501692	N		
Cross Over	1	3.01	9.500	3.500	7.625	REG LT	93.00	CT-100	B	BPB0218	N	3.00	9.500
MWD Tool	1	3.18	9.500	3.500	7.625	REG LT	115.00		B	PM23012	N	3.50	9.500
MWD Tool	1	24.13	9.500	3.500	7.625	REG LT	115.00		B	11539602	N	3.00	9.500
MWD Tool	1	11.70	9.500	3.500	7.625	REG LT	115.00		B	11816999	N	3.00	9.500
Integral Blade Stabilizer	1	7.90	25.000	3.000	7.625	REG LT	223.00		B	11233644	N	3.03	9.500
Float Sub	1	3.40	9.562	3.000	7.625	REG LT	93.00	CT-100		501612	N	1.85	9.500
Positive Displacement Motor	1	28.95	9.500		7.625	REG LT	100.00			98093	N		
Tri-Cone Bit	1	2.19	26.000	3.375	7.625	REG	513.00		P	ZMTRC O/901	N		9.500
										81	N		

Fuente: Equión Energía Limited

Tabla C32 Descripción BHA #5 Fase 26" Pozo Yopal 3

BHA # 5													
Assembly Name		Run No.	Workstring Purpose				TMD In (ft)	TMD Out (ft)	BHA Length (ft)				
DRILLING		4	DRILLING				1,216.0	2,801.0	770.70				
Date/ Time In: 01/02/2012 00:00		Hole Size:				Pred.Performance:							
Date / Time Out: 07/02/2012 06:00		Min. String ID:				Act Performance:							
In Air:		Wt. Below Jars (lb):											
Total Rotating: 22.90 (hr)		Total Sliding: 79.20 (hr)				Total Circulating: 102.30 (hr)							
Total Rotating Footage: 492.0 (ft)		Total Sliding Footage: 1,093.0 (ft)											
Component Name	Joints	Length (ft)	OD (in)	ID (in)	Connection		Weight (ppf)	Grade Name	Pin Box	Serial No.	Left Or Right Spiral	Fish Neck	
					OD (in)	Name						Length (ft)	OD (in)
Heavy Weight Drill Pipe	6	186.00	5.000	3.000	7.000	XT 57	56.10	1340 MOD	B	45051039	N	1.50	6.000
Cross Over	1	3.00	8.000	2.000	7.000	XT-57	133.00	CT-100	B	208787-3	N	2.00	7.000
Drill Collar	3	91.00	8.000	2.000	6.625	6 5/8 Reg	160.00	CT-100	B	121769	N	3.20	7.000
Hydraulic Jar	1	32.57	8.000	2.000	6.625	REG	154.36	4145H MOD	B	99251.E	N	2.50	7.000
Drill Collar	8	244.00	8.250	2.937	6.625	REG	224.49	4145H MOD (2)	B	1202382	N	2.95	9.000

Component Name	Joints	Length (ft)	OD (in)	ID (in)	Connection		Weight (ppf)	Grade Name	Pin Box	Serial No.	Left Or Right Spiral	Fish Neck	
					OD (in)	Name						Length (ft)	OD (in)
Cross Over	1	3.59	9.312	3.000	7.625	REG	219.00	CT-100		BPBO680	N	3.59	9.312
Drill Collar	3	91.58	9.500	3.000	7.625	REG LT	216.00	CT-100		39904	N	2.95	9.500
Cross Over	1	30.51	3.000	9.500	7.625	REG LT	219.00	CT-100		010708	N	0.90	9.500
MWD Tool	1	38.25	9.500	3.000	7.625	REG	133.00	CT-100	B	10647229	N	1.00	9.500
Mud Motor	1	48.42	9.500	2.875	7.625	REG	188.00	CT-100	P	175030703	N	1.63	9.500
Polycrystalline Diamond Bit	1	1.78	18.500		7.625	REG	382.00		P	7027784	N	11.31	0.670
BHA Length (ft)		770.70											

Fuente: Equión Energía Limited

Tabla C33 Descripción BHA #1 Fase 36" Pozo Yopal 4

Component Type	Joints	Length (ft)	OD (in)	ID (in)	Connection		Weight (ppf)	Grade Name	Pin Box	Serial no.	Left or right spiral	Fish Neck	
					OD (in)	Name						Length (ft)	OD (in)
Drill Collar	3	91.24	9.500	3.062	7.625	REG LT	310.01	CT-100	PB	415310	N		
Bit Sub	1	3.02	9.500	3.250	7.625	REG LT	3.18	CT-100	BB	BPBO0747	N		
Hole Opener	1	7.60	9.875	3.250	7.625	REG	14.00	CT-100	PB	4204	N		
Cross Over	1	3.60	9.500	3.250	7.625	REG	44.00	CT-100	PP	BPBO0215	N		
Bit Sub	1	4.35	9.625	3.250	7.625	REG	4.00	CT-100	BB	33765	N		
Tri-Cone Bit	1	3.45	36.000	3.250	8.625	REG	14.00	CT-100		33765	N		
BHA Length (ft) :	113.26												

Fuente: Equión Energía Limited

Tabla C34 Descripción BHA #2 Fase 26" Pozo Yopal 4

Workstring Purpose	DRILLING	TMD Out	1.160,0 (ft)		TMD In	138,0 (ft)							
Date / Time In	22/09/2012 12:00a.m.	Hole Size	26,000 (in)		BHA Length(ft)	580,61(ft)							
Date / Time Out	28/09/2012 04:30p.m.	Min. String ID	(in)		Pred.Performance								
In Air	(kip)	Wt. Below Jars (lb)	(kip)		Act Performance								
Total Rotating	76,30 (hr)	Total Sliding	0,00 (hr)		Total Circulating	104,70 (hr)							
Total Rotating Footage	1.022,0 (ft)	Total Sliding Footage	0,0 (ft)										
Component Type	Joints	Length (ft)	OD (in)	ID (in)	Connection		Weight (ppf)	Grade Name	Pin Box	Serial no.	Left or right spiral	Fish Neck	
					OD (in)	Name						Length (ft)	OD (in)
Heavy Weight Drill Pipe	6	184,13	5,625	3,930	5,875	XT57	56,00	K-55	PB	D156865	N		
Cross Over	1	3,75	9,500	3,500	5,875	XT57	10,00	P-110	PB	G208787	N		
Drill Collar	6	183,39	8,000	3,000	0,000	REG	171,00	CT-100	PB	T67710	N		
Cross Over	1	3,56	9,500	2,400	6,625	REG	154,35	4145H MOD	PB	B0694	N	1,50	7,920
Drill Collar	3	91,24	9,500	3,000	7,625	REG LT	216,00	CT-100	PB	41536	N		
Integral Blade Stabilizer	1	7,50	7,625	3,500	7,625	REG LT	234,00	P-110	PB	697424	N		
Drill Collar	1	30,01	9,500	3,000	7,625	REG LT	216,00	CT-100	PB	102844	N		
Integral Blade Stabilizer	1	8,23	7,625	3,500	7,625	REG LT	234,00	P-110	PB	695624	N		
Cross Over	1	3,01	9,500	3,500	7,625	REG LT	10,00	P-110	PB	11120011 2	N		
MWD Tool	3	27,96	9,500	2,725	7,625	REG	15,00	P-110	PB		N		
PWD	1	9,76	9,500	2,725	7,625	REG	15,00	P-110	PB	1118105 1	N		
Cross Over	1	1,65	9,500	2,400	7,625	REG	154,35	4145H MOD	PB	T-01	N	1,50	7,920
Shock Absorber	1	15,85	9,625	3,500	7,625	REG LT	24,20	P-110	PB	768455	N		
Integral Blade Stabilizer	1	8,40	9,500	3,062	7,625	REG LT	234,00	P-110	PB	501692	N	2,20	9,562
Tri-Cone Bit	1	2,17	26,000	3,438	7,625	REG	200,00	P-110		D156865	N		
BHA Length (ft) : 580,61													

Fuente: Equión Energía Limited

Tabla C35 Descripción BHA #3 Fase 26” Pozo Yopal 4

Component Type	Joints	Length (ft)	OD (in)	ID (in)	Connection		Weight (ppf)	Grade Name	Pin Box	Serial no.	Left or right spiral	Fish Neck	
					OD (in)	Name						Length (ft)	OD (in)
Heavy Weight Drill Pipe	3	91.00	5.875	3.000	5.875	XT 57	56.10	1340 MOD	PB	121757	N	1.50	6.000
Cross Over	1	31.00	6.500	3.000	5.875	XT57	88.20	CT-100	PB	BPB0612	N		
Accelerator	1	32.37	8.000	3.000	6.625	REG	72.00	CT-100	PB	BACCH0221A	N		
Cross Over	1	3.87	6.500	3.000	6.625	REG	88.20	CT-100	PB	BPB0470	N		
Heavy Weight Drill Pipe	11	333.65	5.875	4.125	6.625	XT57	72.00	K-55	PB	121778	N		
Cross Over	1	3.87	6.500	3.000	5.875	XT57	88.00	CT-100	PB	BPB0614	N		
Hydraulic Jar	1	32.57	8.000	3.000	6.625	REG	57.00	4145H MOD	B	013157	N	2.50	7.000
Cross Over	1	3.87	6.500	3.000	6.625	REG	149.00	CT-100	PB	BPB0613	N		
Heavy Weight Drill Pipe	5	155.00	5.875	4.000	5.875	XT57	152.00	K-55	PB	121764	N		
Cross Over	1	5.00	8.000	2.813	5.875	XT57	152.00	CT-100	PB	GP208707	N		
Drill Collar	6	180.00	8.250	3.250	6.625	REG	224.49	4145H MOD (2)	PB	981844	N	2.95	9.000
Cross Over	1	5.00	8.250	3.250	6.625	REG	152.00	CT-100	PB	B0694	N	3.59	9.312
Drill Collar	3	90.00	9.500	3.000	7.625	REG LT	216.00	CT-100		39904	N	2.95	9.500
Cross Over	1	1.72	9.500	3.500	7.625	REG LT	188.00	CT-100	PB	10708	N		
Pulser Collar	1	3.15	9.500	3.500	7.625	REG LT	193.00	CT-100	PB	11539601	N		
Non-Mag Drill Collar	1	24.15	9.500	3.500	7.625	REG LT	208.00	CT-100	PB	10442200	N		
PWD	1	9.78	9.500	2.875	7.625	REG LT	604.00	CT-100	PB	11233644	N		
Cross Over	1	1.20	18.500	3.500	7.625	REG LT	188.00	1340 MOD	PB	180608	N		
Float Sub	1	2.98	3.000	9.500	7.625	REG LT	191.00	CT-100	PB	LG 200811 LG 200811	N	0.90	9.500
Roller Reamer	1	8.30	9.500	3.000	7.625	REG LT	289.00	CT-100	B	GU3742	N	1.00	9.500
Mud Motor	1	14.03	9.000	5.125	7.625	REG LT	203.00	CT-100	BB	398	N	1.63	9.500
Polycrystalline Diamond Bit	1	1.50	18.500	18.500	7.625	REG	550.00	CT-100	P	RSFX819M	N	11.31	0.670
BHA Length (ft) : 1,034.01													

Fuente: Equión Energía Limited

Tabla C35 Descripción BHA #1 Fase 36” Pozo Yopal 5

Workstring Purpose	DRILLING		TMD Out	130.0 (ft)		TMD In	0.0 (ft)						
Date/ Time In	6/12/2015 2:30PM		Hole Size	36.000 (in)		BHA Length(ft)	128.02(ft)						
Date / Time Out	6/13/2015 5:30AM		Min. String ID	(in)		Pred.Performance							
In Air	(kip)		Wt. Below Jars (lb)	(kip)		Act Performance							
Total Rotating	10.00 (hr)		Total Sliding	0.00 (hr)		Total Circulating	9.00 (hr)						
Total Rotating Footage	122.0 (ft)		Total Sliding Footage	0.0 (ft)									
Component Type	Joints	Length (ft)	OD (in)	ID (in)	Connection		Weight (ppf)	Grade Name	Pin Box	Serial no.	Left or right spiral	Fish Neck	
					OD (in)	Name						Length (ft)	OD (in)
Drill Collar	1	119.57	9.500	3.000	0.000	REG LT	216.00	S-135	PB	121198-4	N		
Bit Sub	1	5.60	9.500	3.000	0.000	REG LT	216.00	S-135	BB	BP-B02694	N		
Tri-Cone Bit	1	2.85	36.000	3.000	0.000	REG	310.01	4145H MOD (2)		PZ9848	N		
BHA Length (ft) : 128.02													

Fuente: Equion Energia Limited

Tabla C36 Descripción BHA #2 Fase 26” Pozo Yopal 5

Workstring Purpose	DRILLING	TMD Out	2,410.0 (ft)	TMD In	130.0 (ft)
Date/ Time In	6/14/2015 8:00PM	Hole Size	26.000 (in)	BHA Length(ft)	1,009.93(ft)
Date / Time Out	6/20/2015 8:45AM	Min. String ID	(in)	Pred.Performance	
In Air	(kip)	Wt. Below Jars (lb)	(kip)	Act Performance	
Total Rotating	77.57 (hr)	Total Sliding	0.00 (hr)	Total Circulating	102.34 (hr)
Total Rotating Footage	2,280.0 (ft)	Total Sliding Footage	0.0 (ft)		

Component Type	Joints	Length (ft)	OD (in)	ID (in)	Connection		Weight (ppf)	Grade Name	Pin Box	Serial no.	Left or right spiral	Fish Neck		
					OD (in)	Name						Length (ft)	OD (in)	
Heavy Weight Drill Pipe	15	460.13	5.875	4.012	5.875	XT57	44.00	P-110	PB	121797N	N			
Cross Over	1	3.23	8.000	2.875	5.875	XT57	44.00	P-110	PB	B0683	N	1.60	8.000	
Float Sub	1	2.58	8.125	2.750	6.625	REG	55.50	P-110	PB	12206-1	N	2.92	9.625	
Hydraulic Jar	1	33.42	8.000	3.000	6.625	REG	44.00	P-110	PB	214768	N			
Cross Over	1	3.79	8.000	3.000	6.625	REG	44.00	P-110	PB	BPB0470	N	1.60	8.000	
Heavy Weight Drill Pipe	5	153.27	5.875	4.012	5.875	XT57	44.00	P-110	PB	121800	N			
Cross Over	1	2.62	7.750	2.875	5.875	XT57	44.00	P-110	PB	BPB051	N	1.60	8.000	
Drill Collar	3	90.87	8.250	2.875	6.625	REG	44.00	P-110	PB	8669105	N			
Cross Over	1	2.35	9.625	3.000	6.625	REG	55.50	P-110	PB	B0066	N	1.60	8.000	
Drill Collar	6	179.44	9.500	3.000	7.625	REG LT	55.50	P-110	PB	41536	N			
Integral Blade Stabilizer	1	9.93	9.500	3.012	7.625	REG LT	55.50	P-110	PB	05266G	N	3.10	9.500	
Sensor Sub	1	34.51	9.500	3.250	7.625	REG LT	55.50	P-110	PB	GSE0002	N			
Integral Blade Stabilizer	1	10.27	9.500	3.012	7.625	REG LT	55.50	P-110	PB	052676	N	3.38	9.500	
Float Sub	1	2.92	9.625	2.750	7.625	REG LT	55.50	P-110	PB	LG200911	N	2.92	9.625	
Cross Over	1	2.45	9.625	2.750	7.625	REG LT	55.50	P-110	PB	LG310811	N	2.45	9.625	
Power Drive	1	16.49	9.125	5.125	7.625	REG	55.50	P-110	PB	88816	N			
Polycrystalline Diamond Bit	1	1.66	26.000	3.250	7.625	REG	55.50	P-110		JJ9145	N			
BHA Length (ft) :		1,009.93												

Fuente: Equion Energia Limited

Tabla C37 Descripción BHA #3 Fase 26" Pozo Yopal 5

Workstring Purpose	DRILLING	TMD Out		TMD In	2,410.0 (ft)								
Date/ Time In	6/23/2015 8:45AM	Hole Size	18.500 (in)	BHA Length(ft)	1,093.47(ft)								
Date / Time Out		Min. String ID	(in)	Pred.Performance									
In Air	17.0 (kip)	Wt. Below Jars (lb)	71.0 (kip)	Act Performance									
Total Rotating	0.00 (hr)	Total Sliding	0.00 (hr)	Total Circulating	0.00 (hr)								
Total Rotating Footage	850.0 (ft)	Total Sliding Footage	0.0 (ft)										
Component Type	Joints	Length (ft)	OD (in)	ID (in)	Connection		Weight (ppf)	Grade Name	Pin Box	Serial no.	Left or right spiral	Fish Neck	
					OD (in)	Name						Length (ft)	OD (in)
Heavy Weight Drill Pipe	3	92.00	5.875	4.012	5.875	XT57	44.00	P-110	PB	121797N	N		
Cross Over	1	3.58	8.000	2.875	5.875	XT57	44.00	P-110	PB	EQB0640	N	1.60	8.000
Hydraulic Jar	1	34.50	8.000	3.000	6.625	REG	44.00	P-110	PB	24889H	N		
Cross Over	1	3.38	8.000	3.000	6.625	REG	44.00	P-110	PB	BP-B0645	N	1.60	8.000
Heavy Weight Drill Pipe	12	368.10	5.875	4.012	5.875	XT57	44.00	P-110	PB	121797N	N		
Cross Over	1	2.63	8.000	2.875	5.875	XT57	44.00	P-110	PB	BPB0612	N	1.60	8.000
Hydraulic Jar	1	32.80	8.000	3.000	6.625	REG	44.00	P-110	PB	H214768	N		
Cross Over	1	3.79	8.000	3.000	6.625	REG	44.00	P-110	PB	BPB0470	N	1.60	8.000
Heavy Weight Drill Pipe	5	153.17	5.875	4.012	5.875	XT57	44.00	P-110	PB	121800	N		
Cross Over	1	3.25	7.750	2.875	5.875	XT57	44.00	P-110	PB	EQBO683	N	1.60	8.000
Drill Collar	6	181.97	8.250	2.875	6.625	REG	44.00	P-110	PB	8669105	N		
Cross Over	1	2.34	9.500	3.000	6.625	REG	55.50	P-110	PB	EQ-B0066	N	1.60	8.000
Drill Collar	3	89.90	9.500	3.000	7.625	REG LT	55.50	P-110	PB	102335	N		
Non-Mag Drill Collar	1	30.42	9.500	3.250	7.625	REG LT	55.50	P-110	PB	8570-04	N	3.10	9.500
Cross Over	1	1.79	9.500	3.500	7.625	REG LT	55.50	P-110	PB	MT085362	N	2.45	9.625
Telescope	1	25.39	9.500	3.500	7.625	H-90	55.50	P-110	PB	E6314	N		
Cross Over	1	1.29	9.500	3.500	7.625	H-90	55.50	P-110	PB	12193-1	N	2.45	9.625
Integral Blade Stabilizer	1	7.50	9.500	3.000	7.625	REG LT	55.50	P-110	PB	052269G	N	3.38	9.500
Mud Motor	1	34.57	9.500	3.000	7.625	REG LT	55.50	P-110	PB	2407	N		
Cross Over	1	2.03	9.500	3.500	7.625	H-90	55.50	P-110	PB	16126-1	N	2.45	9.625
Filter Sub	1	3.92	9.500	3.500	7.625	REG	55.50	P-110	PB		N		
Power Drive	1	14.00	9.500	5.125	7.625	REG	55.50	P-110	PB	76572	N		
Polycrystalline Diamond Bit	1	1.15	18.500	3.250	7.625	REG	55.50	P-110	PB	JD6363	N		
BHA Length (ft) :		1,093.47											

Fuente: Equion Energía Limited