

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

**FACULTAD DE INGENIERÍA EN GEOLOGÍA Y
PETRÓLEOS**

**OPTIMIZACIÓN DE LA HIDRÁULCA PARA BROCAS DE
PERFORACIÓN EN LOS CAMPOS AUCA Y DRAGO DE EP
PETROECUADOR**

**PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO EN
PETRÓLEOS**

JONNATHAN PATRICIO FABARA PARREÑO
jonnathan_fabarap@hotmail.com

DIRECTOR: ING. STHEFANIE BELÉN SUÁREZ MOSQUERA
sthefanie.suarez@nov.com

Quito, Octubre 2013

DECLARACIÓN

Yo, Jonnathan Patricio Fabara Parreño, declaro bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentada para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración cedo mis derechos de propiedad intelectual correspondientes a este trabajo, a la Escuela Politécnica Nacional, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normatividad institucional vigente.

JONNATHAN PATRICIO
FABARA PARREÑO

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Jonnathan Patricio Fabara Parreño, bajo mi supervisión.

Ing. Sthefanie Suárez
DIRECTOR DE PROYECTO

AGRADECIMIENTOS

Agradezco en primer lugar a Dios y a la Virgen Dolorosa por bendecirme con una vida tranquila y sobre todo por permitirme cada día despertar para seguir cumpliendo mis objetivos.

Agradezco a mi Madre, por sacrificar cada espacio de su vida por darnos lo mejor de ella, porque nada nos falte, por ser la amiga incondicional que siempre ha estado pendiente de mis pasos.

Agradezco a mi Padre, por ayudarme a forjar un mundo basado no solo en fantasías, sino por siempre centrarnos en nuestros alcances y capacidades, forjando personas que nunca se dan por vencidas al darnos el ejemplo.

Agradezco a mi hermana, Pao, por darme la mano para crecer y cuidarnos mutuamente, apoyándome en cada decisión y ayudándome a levantar en cada tropiezo.

Agradezco a todos mis amigos que conocí en la universidad, que más que amigos son mi otra familia. No cabe duda que sin ustedes las clases no hubieran sido las mismas. Somos un grupo brillantemente loco amigos!

Agradezco a Alexandra Gallegos, mujer luchadora en la batalla con la que he compartido todo este trayecto universitario, gracias por su amistad incondicional, apoyo y amor.

Agradezco a Lenin, Andrés y Daniel, que más que amigos, son hermanos que Dios me los puso en el camino.

Agradezco a la Ingeniera Sthefanie Suárez, por colaborar arduamente en la consecución de este proyecto brindándome su experiencia y amistad.

Agradezco a la Escuela Politécnica Nacional, por ser parte indispensable en mi desarrollo profesional como personal.

Agradezco a National Oilwell Varco Downhole, empresa patrocinadora de mi proyecto de titulación y en la cual inicié mi camino en el mundo laboral.

DEDICATORIA

El presente proyecto está dedicado a tres personas que son mi vida y que me han dado fuerzas para poder culminar esta etapa de mi camino. Jamás podré agradecer el gran amor que me dan y el gran apoyo que me brindan con sus palabras gestos y acciones. Gracias por nunca dejarme caer, por iluminar mi vida cuando se pone oscuro el camino. Gracias por tanto amor Patricio Fabara, Rosy Parreño y Paola Fabara.

CONTENIDO

DECLARACIÓN	II
CERTIFICACIÓN	III
AGRADECIMIENTOS	IV
DEDICATORIA.....	V
RESUMEN	XVIII
PRESENTACIÓN	XIX
CAPITULO 1.....	1
DESCRIPCIÓN GENERAL DEL CAMPO AUCA Y DRAGO.	1
1.1. CAMPO AUCA	1
1.1.1. ANTECEDENTES DEL CAMPO AUCA.....	1
1.1.2. UBICACIÓN DEL CAMPO.....	1
1.1.3. GEOLOGÍA DEL CAMPO AUCA.....	2
1.1.4. PROPIEDADES PETROFÍSICAS.....	6
1.1.5. RESERVAS	7
1.1.6. POZOS PERFORADOS Y PLANEADOS EN EL CAMPO AUCA.....	7
1.1.7. APLICACIONES DE BROCAS DE PERFORACIÓN	9
1.2. CAMPO DRAGO	12
1.2.1. ANTECEDENTES DEL CAMPO DRAGO	12
1.2.2. UBICACIÓN DEL CAMPO.....	12
1.2.3. GEOLOGÍA DEL CAMPO DRAGO.....	14
1.2.4. PROPIEDADES PETROFÍSICAS.....	19
1.2.5. RESERVAS	20
1.2.6. POZOS PERFORADOS EN EL CAMPO DRAGO.....	20
1.2.7. APLICACIONES DE BROCAS DE PERFORACIÓN	22
CAPÍTULO 2.....	26
FUNDAMENTOS TEÓRICOS DE HIDRÁULICA DE BROCAS Y DESCRIPCIÓN DE EQUIPOS DE SUPERFICIE Y REQUERIMIENTOS	26
2.1. INTRODUCCIÓN Y DEFINICIONES DE BROCAS DE PERFORACIÓN	26
2.2. BROCAS DE PERFORACIÓN.....	27
2.2.1. BROCAS ROLLER CONE	28
2.2.2. BROCAS DE CORTADORES FIJOS	32
2.3. MECÁNICA DE ROCAS.....	36
2.3.1. PROPIEDADES FÍSICAS	36
2.3.2. TIPO DE ROCAS.....	37

2.3.3. PROPIEDADES MECÁNICAS DE LAS FORMACIONES	39
2.4. SELECCIÓN DE BROCAS DE PERFORACIÓN	41
2.4.1. CRITERIOS PARA LA SELECCIÓN DE BROCAS DE PERFORACIÓN	41
2.4.2. SELECCIÓN EN FUNCIÓN A LA FORMACIÓN A PERFORAR.....	44
2.4.3. FACTORES QUE AFECTAN EL DESGASTE DE LAS BROCAS DE PERFORACIÓN	46
2.4.4. EVALUACIÓN DEL DESGASTE DE LAS BROCAS DE PERFORACIÓN	48
2.5. FLUIDOS DE PERFORACIÓN	57
2.5.1. FUNCIONES DEL FLUIDO DE PERFORACIÓN	57
2.5.2. TIPOS DE FLUIDOS DE PERFORACIÓN	60
2.5.3. CARACTERÍSTICAS Y PROPIEDADES DE LOS FLUIDOS DE PERFORACIÓN	61
2.6. OPTIMIZACIÓN DE LA PERFORACIÓN	63
2.6.1. FACTORES QUE AFECTAN LA VELOCIDAD DE PENETRACIÓN .	63
2.6.2. HIDRÁULICA DE PERFORACIÓN.....	65
2.6.3. OPTIMIZACIÓN DE LA HIDRÁULICA DE PERFORACIÓN PARA BROCAS.....	82
2.6.4. ECUACIONES UTILIZADAS PARA LA OPTIMIZACIÓN DE HIDRÁULICA.....	86
CAPITULO 3.....	89
ANÁLISIS TÉCNICO DE LAS HIDRÁULICAS DE LAS BOCAS.....	89
3.1. ANÁLISIS DE LAS HIDRÁULICAS DEL CAMPO AUCA.	89
3.1.1. SECCIÓN DE 16"	89
3.1.2. SECCIÓN DE 12 ¼"	112
3.1.3. SECCIÓN DE 8 ½"	132
3.2. ANÁLISIS DE LAS HIDRÁULICAS DEL CAMPO DRAGO	148
3.2.1. SECCIÓN DE 16"	149
3.2.2. SECCIÓN DE 12 ¼ "	173
3.2.3. SECCIÓN DE 8 ½"	201
CAPÍTULO 4.....	223
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	223
4.1 CONCLUSIONES.....	223
4.2 RECOMENDACIONES	227
BIBLIOGRAFÍA.	229
ANEXOS	230

Índice de tablas

Tabla 1.1: Coordenadas Geográficas del Campo Auca	1
Tabla 1.2: Propiedades petrofísicas de las formaciones del campo Auca.....	6
Tabla 1.3: Propiedades petrofísicas de los fluidos del campo Auca	6
Tabla 1.4: Presiones Iniciales y Actuales de las formaciones del campo Auca	7
Tabla 1.5: Estado de los Pozos perforados en Auca	7
Tabla 1.6: Coordenadas Geográficas del Campo Drago	12
Tabla 1.7: Propiedades de la Roca Campo Drago	19
Tabla 1.8: Propiedades petrofísicas de los Fluidos del campo Drago	19
Tabla 1.9: Presiones Iniciales, estáticas y fluyentes de las formaciones del Campo Auca, 2009	20
Tabla 2.1: Tamaño de rocas sedimentarias.....	39
Tabla 2.2: Resumen de las relaciones entre loss objetivos, acciones o resultados	72
Tabla 2.3: Tabla del Área total de Flujo	75
Tabla 2.4: Presión vs. Flujo.....	80
Tabla 3.1: Pozos Perforados en Auca	89
Tabla 3.2: Tabla Resumen de corridas de 16” en el Campo Auca	93
Tabla 3.3: Sección 16” Campo Auca: Datos de la broca y del Fluido	108
Tabla 3.4: Sección 16” Campo Auca: Caída de presión en la tubería	109
Tabla 3.5: Sección 16” Campo Auca: Caída de presión en el espacio anular	110
Tabla 3.6: Sección 16” Campo Auca: Optimización de hidráulica	111
Tabla 3.7: Sección 16” Campo Auca: Optimización a partir de caudal comúnmente usado.....	112
Tabla 3.8: Tabla Resumen de corridas de 12 ¼ ” en el Campo Auca	116
Tabla 3.9: Sección 12.25” Campo Auca- Primera Corrida: Optimización a partir de caudal comúnmente usado	131
Tabla 3.10: Sección 12.25” Campo Auca-Segunda Corrida: Optimización a partir de caudal comúnmente usado	132
Tabla 3.11: Tabla Resumen de corridas de 8 ½” en el Campo Auca	135
Tabla 3.12: Sección 8.5” Campo Auca: Optimización a partir de caudal comúnmente usado.....	148

Tabla 3.13: Pozos Perforados en el Campo Drago	149
Tabla 3.14: Tabla Resumen de corridas de 16" en el Campo Drago	155
Tabla 3.15: Sección 16" Campo Drago- Pozos Tipo S-Primera Corrida: Optimización a partir de caudal comúnmente usado.....	171
Tabla 3.16: Sección 16" Campo Drago- Pozos Tipo S- Segunda Corrida: Optimización a partir de caudal comúnmente usado.....	171
Tabla 3.17: Sección 16" Campo Drago- Pozos Tipo J: Optimización a partir de caudal comúnmente usado	172
Tabla 3.18: Tabla Resumen de corridas de 12.25" en el Campo Drago	183
Tabla 3.19: Sección 12.25" Campo Drago- Pozos Tipo S-Primera Corrida: Optimización a partir de caudal comúnmente usado.....	199
Tabla 3.20: Sección 12.25" Campo Drago- Pozos Tipo S- Segunda Corrida: Optimización a partir de caudal comúnmente usado.....	200
Tabla 3.21: Sección 12.25" Campo Drago- Pozos Tipo J-Primera Corrida: Optimización a partir de caudal comúnmente usado.....	200
Tabla 3.22: Sección 12.25" Campo Drago- Pozos Tipo J-Segunda Corrida: Optimización a partir de caudal comúnmente usado.....	201
Tabla 3.23: Tabla Resumen de corridas de 8.5" en el Campo Drago.....	206
Tabla 3.24: Sección 16" Campo Drago- Pozos Tipo J: Optimización a partir de caudal comúnmente usado	221
Tabla 3.25: Sección 16" Campo Drago- Pozos Tipo J: Optimización a partir de .caudal comúnmente usado	221

Índice de Gráficas

Gráfica 3.1: Sección 16" Campo Auca: TFA VS PROFUNDIDAD.....	97
Gráfica 3.2: Sección 16" Campo Auca: Caudal vs. Profundidad	98
Gráfica 3.3: Sección 16" Campo Auca: HSI vs Profundidad	99
Gráfica 3.4: Sección 16" Campo Auca: Jet Impact Force vs Profundidad.....	100
Gráfica 3.5: Sección 16" Campo Auca: Dog Leg Severity vs Profundidad	101
Gráfica 3.6: Sección 16" Campo Auca: WOB vs Profundidad	102
Gráfica 3.7: Sección 16" Campo Auca: ΔP_b vs Profundidad.....	103
Gráfica 3.8: Sección 16" Campo Auca: Presión vs Profundidad	104
Gráfica 3.9: Sección 16" Campo Auca: Torque vs Profundidad	105
Gráfica 3.10: Sección 16" Campo Auca: RPM vs Profundidad.....	106
Gráfica 3.11: Sección 16" Campo Auca: ROP vs Profundidad.....	107
Gráfica 3.12: Sección 12.25" Campo Auca: TFA VS Profundidad.....	120
Gráfica 3.13: Sección 12.25" Campo Auca: Caudal vs. Profundidad	121
Gráfica 3.14: Sección 12.25" Campo Auca: HSI vs Profundidad.....	122
Gráfica 3.15: Sección 12.25" Campo Auca: Jet Impact Force vs Profundidad ...	123
Gráfica 3.16: Sección 12.25" Campo Auca: Dog Leg Severity vs Profundidad ..	124
Gráfica 3.17: Sección 12.25" Campo Auca: WOB vs Profundidad	125
Gráfica 3.18: Sección 12.25" Campo Auca: ΔP_b vs Profundidad	126
Gráfica 3.19: Sección 12.25" Campo Auca: Presión vs Profundidad	127
Gráfica 3.20: Sección 12.25" Campo Auca: Torque vs Profundidad	128
Gráfica 3.21: Sección 12.25" Campo Auca: RPM vs Profundidad	129
Gráfica 3.22: Sección 12.25" Campo Auca: ROP vs Profundidad	130
Gráfica 3.23: Sección 8.5" Campo Auca: TFA VS Profundidad.....	137
Gráfica 3.24: Sección 8.5" Campo Auca: Caudal vs. Profundidad	138
Gráfica 3.25: Sección 8.5" Campo Auca: HSI vs Profundidad	139
Gráfica 3.26: Sección 8.5" Campo Auca: Jet Impact Force vs Profundidad	140
Gráfica 3.27: Sección 8.5" Campo Auca: Dog Leg Severity vs Profundidad	141
Gráfica 3.28: Sección 8.5" Campo Auca: WOB vs Profundidad	142
Gráfica 3.29: Sección 8.5" Campo Auca: ΔP_b vs Profundidad.....	143
Gráfica 3.30: Sección 8.5" Campo Auca: Presión vs Profundidad	144
Gráfica 3.31: Sección 8.5" Campo Auca: Torque vs Profundidad	145

Gráfica 3.32: Sección 8.5" Campo Auca: RPM vs Profundidad.....	146
Gráfica 3.33: Sección 8.5" Campo Auca: ROP vs Profundidad.....	147
Gráfica 3.34: Sección 16" Campo Drago: TFA VS PROFUNDIDAD	160
Gráfica 3.35: Sección 16" Campo Drago: Caudal vs. Profundidad	161
Gráfica 3.36: Sección 16" Campo Drago: HSI vs Profundidad	162
Gráfica 3.37: Sección 16" Campo Drago: Jet Impact Force vs Profundidad	163
Gráfica 3.38: Sección 16" Campo Drago: Dog Leg Severity vs Profundidad	164
Gráfica 3.39: Sección 16" Campo Drago: WOB vs Profundidad	165
Gráfica 3.40: Sección 16" Campo Drago: ΔP_b vs Profundidad	166
Gráfica 3.41: Sección 16" Campo Drago: Presion vs Profundidad	167
Gráfica 3.42: Sección 16" Campo Drago: Torque vs Profundidad.....	168
Gráfica 3.43: Sección 16" Campo Drago: RPM vs Profundidad	169
Gráfica 3.44: Sección 16" Campo Drago: ROP vs Profundidad	170
Gráfica 3.45: Sección 12.25" Campo Drago: TFA VS PROFUNDIDAD	188
Gráfica 3.46: Sección 12.25" Campo Drago: Caudal vs. Profundidad.....	189
Gráfica 3.47: Sección 12.25" Campo Drago: HSI vs Profundidad	190
Gráfica 3.48: Sección 12.25" Campo Drago: Jet Impact Force vs Profundidad	191
Gráfica 3.49: Sección 12.25" Campo Drago: Dog Leg Severity vs Profundidad.....	192
Gráfica 3.50: Sección 12.25" Campo Drago: WOB vs Profundidad	193
Gráfica 3.51: Sección 12.25" Campo Drago: ΔP_b vs Profundidad	194
Gráfica 3.52: Sección 12.25" Campo Drago: Presion vs Profundidad.....	195
Gráfica 3.53: Sección 12.25" Campo Drago: Torque vs Profundidad.....	196
Gráfica 3.54: Sección 12.25" Campo Drago: RPM vs Profundidad	197
Gráfica 3.55: Sección 12.25" Campo Drago: ROP vs Profundidad	198
Gráfica 3.56: Sección 8.5" Campo Drago: TFA VS PROFUNDIDAD	210
Gráfica 3.57: Sección 8.5" Campo Drago: Caudal vs. Profundidad.....	211
Gráfica 3.58: Sección 8.5" Campo Drago: HSI vs Profundidad	212
Gráfica 3.59: Sección 8.5" Campo Drago: Jet Impact Force vs Profundidad	213
Gráfica 3.60: Sección 8.5" Campo Drago: Dog Leg Severity vs Profundidad	214
Gráfica 3.61- Sección 8.5" Campo Drago: WOB vs Profundidad	215
Gráfica 3.62: Sección 8.5" Campo Drago: ΔP_b vs Profundidad	216
Gráfica 3.63: Sección 8.5" Campo Drago: Presion vs Profundidad.....	217
Gráfica 3.64: Sección 8.5" Campo Drago: Torque vs Profundidad.....	218

Gráfica 3.65: Seccion 8.5" Campo Drago: RPM vs Profundidad	219
Gráfica 3.66: Seccion 8.5" Campo Drago: ROP vs Profundidad	220

Índice de Figuras

Figura 1.1: Ubicación Campo Auca	2
Figura 1.2: Columna Estratigráfica Generalizada del campo Auca	5
Figura 1.3: Reservas de petróleo Campo Auca.....	8
Figura 1.4: Pozos Propuestos para Quinquenio 2012-2017.....	9
Figura 1.5: Broca 16” TFR519M.....	10
Figura 1.6: Broca 12.25” E1134.....	11
Figura 1.7: Broca 8.5” DSR619	11
Figura 1. 8- Ubicación Campo Drago	13
Figura 1.9: Corte Estratigráfico W-E (Sacha 17, Drago N1, Shushufindi 119D)...	16
Figura 1. 10 Columna Estratigráfica Generalizada del campo Drago.....	18
Figura 1. 12: Pozos Propuestos para el Período 2010-2012.....	20
Figura 1. 11.- Reservas de petróleo Campo Drago	21
Figura 1. 13.- Planificación de pozos para el período 2010-2012.....	22
Figura 1. 14: Broca 16” TFR519M.....	23
Figura 1.15: Broca 16” TFR519M.....	23
Figura 1. 16: Broca 12.25” E1134	24
Figura 1. 17.- Broca 8.5” DSR619	25
Figura 2. 1: Broca Roller Cone de insertos Reedhycalog.....	28
Figura 2. 2.- Acción del cono sobre la formación.....	29
Figura 2. 3.- Cuerpos con sus respectivos conos.....	29
Figura 2. 4.- Cojinetes de Fricción (a) y de Rodamientos (b)	30
Figura 2. 5.- Sistema de Lubricación	31
Figura 2. 6.- Forma de los insertos.....	32
Figura 2. 7.- Broca PDC	32
Figura 2. 8.- Acción del PDC sobre la Formación.....	33
Figura 2. 9.- Partes de un PDC	33
Figura 2. 10.- Angulo de inclinación del respaldo.....	34
Figura 2. 11.- Broca de diamante Natural.....	34
Figura 2. 12.- Acción del diamante sobre la formación.....	35
Figura 2. 13.- Broca TSP.....	35
Figura 2. 14.- Formas de los cortadores de las brocas TSP.....	36
Figura 2. 15.- Sistema IADC.....	49

Figura 2. 16.- Estructura de corte de la Broca Roller Cone	50
Figura 2. 17.- Estructura de corte de brocas de cortadores fijos	51
Figura 2. 18.- Calificación IADC según porcentaje de Desgaste	52
Figura 2. 19.- Numeración de conos	54
Figura 2. 20.- Numeración de aletas	54
Figura 2. 21.- Partes de la broca de dientes fijos	55
Figura 2. 22.- Sistema de Circulación.....	67
Figura 2. 23.- Chorro de la boquilla	73
Figura 2. 24.- Grafica Flujo vs Limpieza	74
Figura 2. 25.- BHHP vs Q	77

Índice de Anexos

ANEXO 1.1: Mapa Estructural Hollín Inferior-Campo Auca	232
ANEXO 1.2: Mapa Estructural Hollín Superior-Campo Auca	233
ANEXO 1.3: Mapa Estructural Arena “T” Inferior - Campo Auca	234
ANEXO 1.4: Mapa Estructural Arena “T” Superior – Campo Auca	235
ANEXO 1.5: Mapa Estructural Arena “U” Inferior – Campo Auca	236
ANEXO 1.6: Mapa Estructural Arena “U” Superior – Campo Auca	237
ANEXO 1.7: Mapa Estructural Basal Tena – Campo Auca.....	238
ANEXO 2.1: Corte Estratigráfico N-S (AUC-4, AUC-39, AUC-29, AUC-35, AUC-63D, AUS-7D) – Campo Auca.....	240
ANEXO 2.2: Corte Estructural E-W (AUC-13, AUC-36, CGA-1).....	241
ANEXO 3.1: Mapa Estructural Hollín Superior – Campo Drago.....	243
ANEXO 3.2: Mapa Estructural Arenisca “T” Inferior – Campo Drago.....	244
ANEXO 3.3: Mapa Estructural “U” Inferior – Campo Drago	245
ANEXO 4.1: Cono roto (BC)	247
ANEXO 4.2: Arrastre de Cono (CD).....	247
ANEXO 4.3: Erosión (ER).....	247
ANEXO 4.4: Cono Perdido (LC).....	248
ANEXO 4.5: Boquilla Tapada (PN)	248
ANEXO 4.6: Auto afilado (SS)	248
ANEXO 4.7: Lavado (WO)	248
ANEXO 4.8: Cortadores Rotos (BT)	249
ANEXO 4.9: Interferencia de Conos (CI)	249
ANEXO 4.10: Crestas planas (FC)	249
ANEXO 4.11: Boquilla Perdida (LN)	250
ANEXO 4.12: Broca Comprimida (PB).....	250
ANEXO 4.13: Rastreo (TR).....	250
ANEXO 4.14: Anillamiento (RO)	251
ANEXO 4.15: Broca Embolada (BU).....	251
ANEXO 4.16: Broca Coreada (CR)	252
ANEXO 4.17: Sobrecalentamiento (HC)	252
ANEXO 4.18: Diente Perdido (LT)	253

ANEXO 4. 19: Calibre redondeado (RG)	253
ANEXO 4. 20: Dientes Desgastados (WT).....	254
ANEXO 4. 21: Falla del Pegamento (BF).....	254
ANEXO 4. 22: Cono agrietado (CC).....	255
ANEXO 4. 23: Diente Astillado (CT).....	255
ANEXO 4. 24: Daño por chatarra (JD).....	255
ANEXO 4. 25: Desgaste Excéntrico (OC).....	256
ANEXO 4. 26: Daño de Pata (SD)	256
ANEXO 4. 27: No hay Daño (NO).....	256
ANEXO 5. 1: Parámetros de Perforación Auca Sur 8D	258
ANEXO 5. 2: Parámetros de Perforación Auca Sur 9D	261
ANEXO 5. 3: Parámetros de Perforación Drago Norte 31D.....	264
ANEXO 5. 4: Parámetros de Perforación Drago Norte 16D.....	267
ANEXO 5. 5: Parámetros de Perforación Drago Norte 21D.....	270
ANEXO 5. 6: Parámetros de Perforación Drago Norte 25D	273
ANEXO 5. 7: Parámetros de Perforación Drago Norte 29D.....	276
ANEXO 5. 8: Parámetros de perforación Drago Norte 23D	279
ANEXO 6. 1: Parámetros Direccionales Campo Auca.....	283
ANEXO 6. 2: Datos Direccionales Campo Drago	284
ANEXO 7. 1: Optimización Sección 16”-Campo Auca.....	287
ANEXO 7. 2: Optimización Sección 12.25”-Primera Corrida-Campo Auca.....	289
ANEXO 7. 3: Optimización Sección 12.25”-Segunda Corrida-Campo Auca	291
ANEXO 7. 4: Optimización Sección 8.5”-Campo Auca	293
ANEXO 7. 5: Optimización Sección 16”- Pozos Tipo J-Campo Drago.....	295
ANEXO 7. 6: Optimización Sección 12.25”-Primera Corrida-Pozos Tipo J-Campo Drago	297
ANEXO 7. 7: Optimización Sección 12.25”-Segunda Corrida-Pozos Tipo J-Campo Drago	299
ANEXO 7. 8: Optimización Sección 8.5”-Pozos Tipo J-Campo Drago.....	301
ANEXO 7. 9: Optimización Sección 16”-Primera Corrida”-Pozos Tipo S-Campo Drago	303
ANEXO 7. 10: Optimización Sección 16”-Segunda Corrida-Pozos Tipo S-Campo Drago	305

ANEXO 7. 11: Optimización Sección 12.25"-Primera Corrida"-Pozos Tipo S-Campo Drago.....	307
ANEXO 7. 12: Optimización Sección 12.25"-Segunda Corrida"-Pozos Tipo S-Campo Drago.....	309
ANEXO 7. 13: Optimización Sección 8.5"-Pozos Tipo S-Campo Drago	311

RESUMEN

En el Capítulo 1 del presente proyecto se trata acerca de los campos a ser estudiados así como datos de los mismos, mediante los cuales se puede conocer ubicación, arenas productoras, historial de producción así como de las distintas aplicaciones de brocas de perforación que se han empleado para perforar las secciones de 16", 12.24" y 8.5".

En el Capítulo 2, se trata acerca de los conceptos básicos de hidráulica de perforación y de todos los procesos que afectan a la misma. Se detalla acerca de las brocas de perforación, su mecanismo de funcionamiento y como se califica los distintos tipos de brocas. Se da una descripción de la litología y fin de identificar la mecánica de las mismas y poder seleccionar el tipo de broca adecuada para perforar cierto objetivo litológico. Se detalla el procedimiento para optimizar la hidráulica de perforación mediante fórmulas.

En el Capítulo 3, se analiza las corridas realizadas por las brocas de perforación Reedhycalog en los campos Auca y Drago de EP Petroecuador, y se resume la perforación de la broca de cada pozo por cada sección. Se analiza los parámetros de perforación obtenidos durante la perforación y se los grafica a fin de poderlos analizar, para comprobar cómo éstos varían conforme se perfora el pozo, y finalmente se optimiza valores hidráulicos mediante fórmulas de optimización planteadas en el capítulo anterior.

En el Capítulo 4, se llega a una serie de conclusiones y recomendaciones que son producto tanto del análisis de las corridas, así como también de los resultados obtenidos de la optimización hidráulica realizada.

PRESENTACIÓN

En el año 2012 la empresa NOV Downhole, con el afán de mejorar el desempeño de sus brocas, se vio en la necesidad de plantear la problemática de si la hidráulica utilizada en los campos en estudio era la adecuada para la perforación de los mismos.

El estudio se planteó en dos campos en los cuales se planeaba la mejora de desempeño de la broca, y en base a la cantidad de datos disponibles se decidió estudiar los campos Drago y Auca, específicamente los pozos donde las brocas Reedhycalog habían sido utilizadas.

Esta problemática partió a consecuencia de que ciertas brocas de perforación presentaban erosión en su interior después de ser corridas, en especial en la sección de 16", donde ésta era considerable y por lo tanto se cuestionó si el caudal utilizado era el adecuado para esa sección así como para el resto de secciones.

El presente estudio se enfoca en los parámetros aplicados durante la perforación y cómo éstos son capaces de afectar al desempeño de la broca, así como también se estudia la optimización hidráulica a partir del caudal calculado, de la misma manera el caudal comúnmente usado en las operaciones de perforación en los distintos campos, tomando como referencia los parámetros analizados.

Finalmente se concluye que el caudal obtenido con las fórmulas aplicadas no es el suficiente como para acarrear los ripios a superficie por lo que se toma los parámetros obtenidos del análisis de las gráficas planteadas para así obtener una configuración de boquillas a un caudal estimado de dichos parámetros.

CAPITULO 1

DESCRIPCIÓN GENERAL DEL CAMPO AUCA Y DRAGO.

1.1.CAMPO AUCA

1.1.1. ANTECEDENTES DEL CAMPO AUCA

El Campo Auca fue descubierto por la Compañía Texaco, y comenzó la explotación del mismo en el año de 1970. El primer pozo perforado se lo llamó Auca 01 que alcanzó una profundidad de 10,578 pies. Sus arenas productoras es Hollín, "T" y "U" que contienen un crudo de gravedad API de 31° y 27° respectivamente. El Campo Auca presentó una producción inicial de 3072 BPPD.

1.1.2. UBICACIÓN DEL CAMPO

El Campo Auca se encuentra ubicado al noroccidente de la cuenta oriente, dentro del corredor Sacha-Shushufindi, en la Provincia de Orellana. Para una ubicación más detallada del campo, ver la Figura 1.1 en la cual se ubica el Campo Auca en el mapa ecuatoriano.

Se encuentra a 260 Km S-E de la ciudad de Quito y a 100 km S de la frontera con Colombia. Su ubicación geográfica se da entre las latitudes y longitudes detalladas en la Tabla 1.1

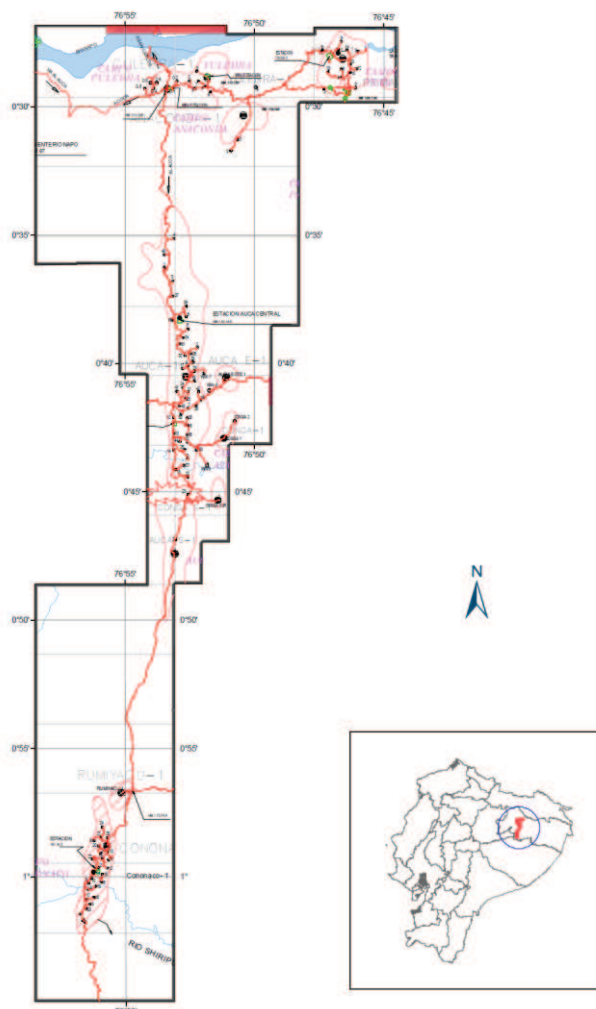
Tabla 1.1:Coordenadas Geográficas del Campo Auca

Coordenadas del Campo Auca	
Latitud	0° 34 'S a 0° 48 'S
Longitud	76° 50 'W - 76° 57 'W

FUENTE: Petroproducción, Ingeniería Campo Auca

ELABORADO POR: Jonnathan Fabara

Figura 1.1:Ubicación Campo Auca



1.1.3. GEOLOGÍA DEL CAMPO AUCA

1.1.3.1. Descripción estructural, estratigráfica y litológica del Campo Auca

1.1.3.1.1. Descripción estructural

El estilo estructural del Campo Auca Corresponde a un pliegue anticlinal con una dirección preferencial Norte – Sur, generado por reactivaciones tectónicas de geformas pre-créticas.

En el flanco occidental del campo Auca Sur se presenta una falla inversa con un saldo de hasta 250 pies, además se presentan dos trazas de esta falla en el sector del pozo Auca 14.

La formación “U” es el reservorio que tiene mayor contenido de reservas en el corredor central, seguido de éste está la Arena “T” y por último Hollín Superior e Inferior. Basal Tena y las Calizas A y B son reservorios secundarios.

Los mapas estructurales de las formaciones Hollín Inferior, Hollín Superior, Arena U Inferior, Arena U Superior, Arena T Inferior, Arena T Superior y Basal Tena se muestran en el Anexo 1.

1.1.3.1.2. Descripción estratigráfica

Mediante el análisis de registros eléctricos y descripciones de núcleos se ha determinado una estratigrafía detallada del mesozoico y terciario.

Sobre yaciendo al pre-cretácico, se ubica la formación Hollín, definida como areniscas cuarzosas depositadas en un ambiente fluvial, que retrograda a facies de estuario y de plataforma.

La formación Napo se depositó en la Cuenca Oriente durante el Albiano a Campaniano. Esta formación incluye ciclos sedimentarios depositados en respuesta a variaciones en el nivel base, que hacia la parte inferior de cada ciclo deposita arenas, estas areniscas son la T y U que constituyen rocas reservorio del Campo Auca y de la Cuenca Oriente en general. Sobre yaciendo las areniscas se depositaron secuencias calcáreas y de lutitas, que constituyen las rocas sello del sistema petrolífero.

Al final del ciclo marino del cretácico superior, en el Campo Auca se depositó una secuencia de arenas de ambiente subacuoso incluidas dentro de la formación Tena, definidas como el miembro Basal Tena, el cual es roca reservorio en el Campo Auca. Estas areniscas se encuentran sobre yacidas por sedimentos rojos continentales que incluyen limolitas rojas y verdes de ambiente continental de la formación Tena.

Las formaciones que sobre yacen a la formación Tena de manera general se puede indicar que representan una gruesa sección de facies clásticas.

En el Anexo 2, se muestra un corte estratigráfico N-S y E-W respectivamente del Campo Auca, en el cual se pueden identificar las distintas formaciones que lo conforman.

1.1.3.1.3. Descripción litológica

Hollín Principal: Arenisca masiva de cuarzo. Pocas intercalaciones arcillosas. Grano fino a grueso con poco o nada de contenido de glauconita.

Hollín Superior: Arenisca de cuarzo de granos finos, además presenta glauconita e importante contenido de material calcáreo; Hollín no presenta fallas a lo largo del campo.

“T”: Arenisca cuarzosa limpia con grano fino y presencia de ciertas capas de arcilla. Porosidad promedio de 12%. Es una arena continua. Máximo espesor en la región sur del campo.

“U”: Arenisca cuarzosa limpia, presencia de limolitas en estratos delgados y glauconita. Porosidad promedio de 13%. Arena continua y presente en todo el campo. Su color varía de gris claro a verde claro. Significativa presencia de caolinita.

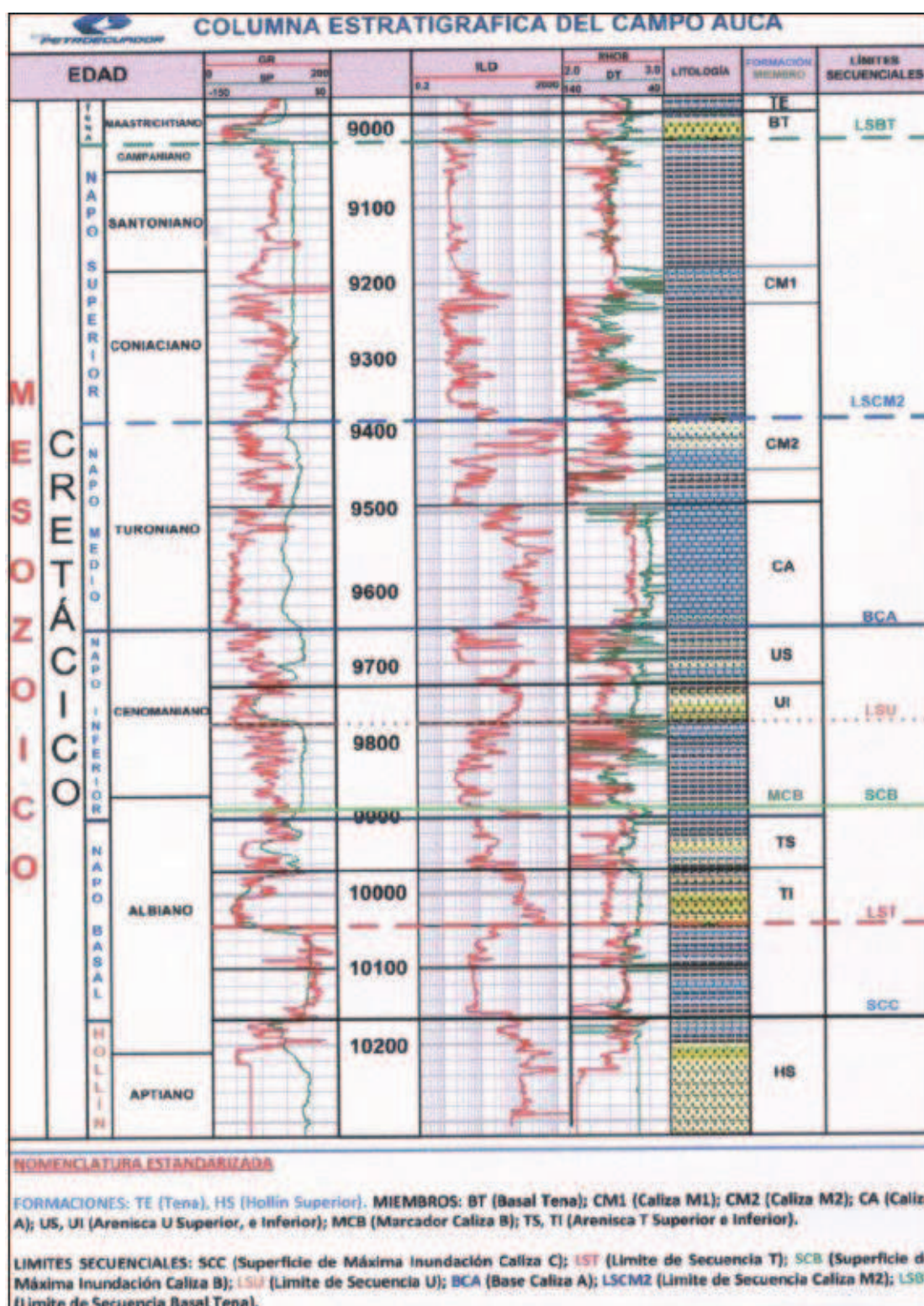
Basal Tena: Arenisca cuarzosa redondeada de grano medio a grueso. Porosidad promedio de 19%. Poca continuidad poco espesor.

Las zonas productoras de mayor importancia en este campo son las arenas “T” y “U”, puesto que tienen continuidad y un importante espesor. La formación Hollín no se descarta como arena productora pero sus características son menos favorables para la producción de petróleo. La formación Basal Tena se descarta como productora puesto que presenta un espesor muy delgado para su explotación.

1.1.3.1.4. Columna Estratigráfica del Campo Auca

En la Figura 1.11 se presenta la columna Estratigráfica del Campo Auca.

Figura 1.2: Columna Estratigráfica Generalizada del campo Auca



Fuente: Departamento de Ingeniería campo Auca

1.1.4. PROPIEDADES PETROFÍSICAS

Las propiedades petrofísicas de la roca se presentan en la Tabla 1.2

Tabla 1.2: Propiedades petrofísicas de las formaciones del campo Auca

ARENA	ho(pies)	Porosidad (%)	Sw (%)
Basal Tena	13.86	17.09	26.59
U Superior	6.87	11.38	30.16
U Inferior	23.4	15.65	16.16
T Superior	23.39	13.35	39.24
T Inferior	20.45	12.965	36.79
Hollín Superior	17.08	12.54	37.06

Fuente: Departamento de Ingeniería del Campo Auca

Elaborado por: Jonnathan Fabara

Las propiedades de los fluidos se detallan en la tabla 1.3

Tabla 1.3: Propiedades petrofísicas de los fluidos del campo Auca

Parámetros	Arena			
	Basal Tena	U	T	H
P inicial (psi)	3563	4141	4213	4500
Pb (psi)	645	231	640	195
Boi (BY/BN)	1.1338	1.043	1.131	1.111
Bob (BY/BN)	1.2547	1.09	1.16	1.15
Rsi (PCN/BN)	116	50	163	10
°API	21.1	20.1	9	31.6

Fuente: Departamento de ingeniería del Campo Auca

Elaborado por: Jonnathan Fabara

Las presiones Iniciales y Actuales se reflejan en la Tabla 1.4, dando a demostrar el grado de depletación de los mismos.

Tabla 1.4: Presiones Iniciales y Actuales de las formaciones del campo Auca

Arena	Parámetros	
	Pr Inicial (psi)	Pr Actual @ Datum (psi)
Basal Tena	3563	750
U	4141	1300
T	4213	1700
Hollín	4500	Hs: 3600
		Hi:4350

Fuente: Departamento de ingeniería del Campo Auca

Elaborado por: Jonnathan Fabara

1.1.5. RESERVAS

En la figura 1.3 se muestra las reservas de las formaciones productoras del Campo Auca. En esta se detalla cuánto se ha producido y cuántas reservas remanente tenemos presentes en las formaciones, estimadas hasta el 31 de diciembre del año 2011.

1.1.6. POZOS PERFORADOS Y PLANEADOS EN EL CAMPO AUCA.

Hasta la fecha 31 de diciembre del año 2012 se tiene varios pozos con distinto estado. En la tabla 1.5, se detalla cual es el estado de los pozos perforados en el Campo Auca.

Tabla 1.5: Estado de los Pozos perforados en Auca

Estado	Número de Pozos
Produciendo	73
Cerrados	15
Abandonado	5
Re-inyectores	3
Inyectores	3
En Work Over	1
En Perforación	1

Fuente: Departamento de ingeniería del Campo Auca

Elaborado por: Jonnathan Fabara

Figura 1.3: Reservas de petróleo Campo Auca

EP PETROECUADOR - SUBGERENCIA DE EXPLORACIÓN Y DESARROLLO
RESERVAS DE PETRÓLEO AL 31-12-2011
CAMPOS AUCA-AUCA SUR

CAMPO	YACIMIENTO	VOLUMEN IN SITU (BLS)	FR (INICIAL) %	RESERVAS ORIGINALES			PRODUCCIÓN ACUMULADA (Bls) al 31/12/2011	RESERVAS		° API
				PROBADAS (BLS)	PROBABLES (BLS)	TOTALES (BLS)		REMANENTES (Bls) al 31/12/2011		
AUCA-AUCA SUR	BASAL TENA	141.006.079	19,50	27.496.185	0	27.496.185	9.954.250	17.541.935	21,1	
	U	324.891.563	30,10	97.792.360	2.600.000	100.392.360	50.353.451	47.438.909	19	
	T	351.726.117	29,40	103.407.478	4.300.000	107.707.478	78.823.318	24.584.160	29	
	HOLLIN SUP	200.120.852	44,80	89.654.142	0	89.654.142	45.532.514	44.121.628	31,6	
	HOLLIN INF	244.154.511	17,80	43.459.503	15.600.000	59.059.503	42.659.235	800.268	31,6	
TOTAL	SUB-TOTAL	1.261.899.122		361.809.668	22.500.000	384.309.668	227.322.768	134.486.900		

Fuente: EP Petroecuador- Subgerencia de Exploración y Desarrollo

El número de pozos planificados para el periodo 2012-2017 se detalla en la figura 1.4.

Figura 1.4: Pozos Propuestos para Quinquenio 2012-2017

COORDINACION AREA AUCA					
POZOS PROPUESTOS PARA QUINQUENIO 2013-2017					
CAMPO AUCA-AUCA SUR					
2012	2013	2014	2015	2016	2017
AUS-17D	AUC-84D	AUC-106D	AUC-118D	AUC-135D	AUC-142
AUS-8D	AUC-89D	AUC-107D	AUC-119D	AUC-136D	AUC-143D
AUS-9D	AUC-64D	AUC-108D	AUC-120D	AUC-137D	AUC-144D
AUS-10	AUC-123	AUC-109D	AUC-121D	AUC-138D	AUC-145D
AUS-11D	AUC-124	AUC-68D	AUC-122D	AUC-139D	AUC-146D
AUC-87D	AUC-85D	AUC-69D	AUC-124D	AUC-140D	AUC-147D
AUC-88D	AUC-56	AUC-90D	AUC-125D	AUC-141D	AUC-148D
AUC-84D	AUC-133D	AUC-94D	AUC-126	AUS-18D	AUC-149D
AUS-15D	AUC-130D	AUC-110D	AUC-127D	AUS-19D	AUC-150D
AUS-14D	AUC-131D	AUC-111	AUC-128D	AUS-20D	AUC-151D
AUC-90D	AUC-72D	AUC-112D	AUC-129D	AUS-21D	AUC-152D
AUS-RW1D	AUC-103D	AUC-113D	AUC-130D	AUS-22D	
	AUC-132D	AUC-114D	AUC-131D	AUS-23D	
	AUC-104D	AUC-115D	AUC-132D		
	AUC-105D	AUC-116D	AUC-133D		
	AUC-124D	AUC-117D	AUC-134D		
	AUC-125D				
	AUC-126D				

Fuente: EP Petroecuador- Subgerencia de Exploración y Desarrollo

1.1.7. APLICACIONES DE BROCAS DE PERFORACIÓN

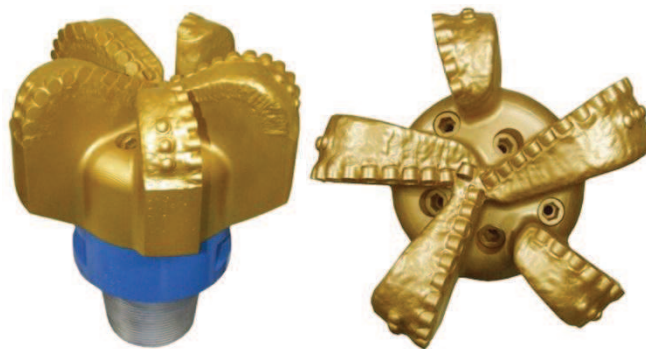
En el Campo Auca, se perforaron con brocas de la Compañía NOV Downhole del Ecuador, los pozos Auca Sur 17D, Auca Sur 8D y Auca Sur 9D. Todos éstos se llevaron a cabo con el taladro de perforación Sinopec 188.

1.1.7.1. Brocas usadas en la sección de 16"

La sección de 16" en el Campo Auca está conformada especialmente por el Terciario Indiferenciado, el cual está compuesto principalmente de arcilla con alguna presencia de arena y lutita.

Para esta sección se ha utilizado una broca PDC con un IADC S423 de 16 pulgadas, de 5 aletas con cortadores de 19mm (Figura 1.5)

Figura 1.5: Broca 16" TFR519M



Vista lateral

Vista de planta

Fuente: Fichas Técnicas de brocas ReedHycalog

Para la perforación se utilizó un TFA de 1.086 in² alcanzando a perforar un intervalo promedio de 5502 pies con una ROP promedio de 128 pies/hora.

En general, el desgaste de la broca ha sido mínimo y la razón de salida ha sido por completar la perforación de la sección de 16”.

1.1.7.2. Brocas usadas en la sección de 12 ¼”

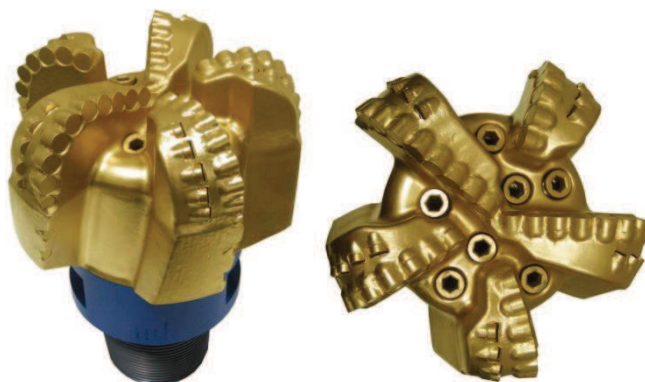
La sección de 12 ¼” en el Campo Auca, atraviesa las zonas de Orteguzza y Tiyuyacu hasta llegar a Napo. Se da una mayor presencia de arcilla, limolita, conglomerado, chert y arenisca.

Para esta sección se ha utilizado brocas un promedio de tres brocas con un IADC M323 y M422 de 12 ¼ pulgadas, de 5 aletas con cortadores de 19mm (Figura 1.6)

Para la perforación se utilizó TFAs de 1.097, 1.243, 1.53 in² alcanzando un intervalo promedio perforado de 3593 pies con una ROP promedio de 47.25 pies/hora.

El desgaste de las brocas ha sido a causa de la presencia del conglomerado y la razón de salida ha sido por completar la sección.

Figura 1.6: Broca 12.25" E1134



Vista lateral

Vista de planta

Fuente: Fichas Técnicas de brocas ReedHycalog

1.1.7.3. Brocas usadas en la sección de 8 ½"

La sección de 8 ½" en el Campo Auca, atraviesa las Formaciones Napo y Hollín conformadas por lutita, caliza y arenisca.

Para esta sección se ha utilizado brocas con un IADC S424 y M323 de 8 ½ pulgadas, de 6 aletas con cortadores de 19mm (Figura 1.7)

Figura 1.7: Broca 8.5" DSR619



Vista lateral

Vista de planta

Fuente: Fichas Técnicas de brocas ReedHycalog

Para la perforación se utilizó TFA's de 0.778 in² alcanzando una intervalo promedio perforado de 790 pies con una ROP promedio de 51.85 pies/hora.

El desgaste de la broca ha sido a causa de la presencia de la intercalación de lutita, arenisca y caliza y la razón de salida ha sido por llegar a TD.

1.2. CAMPO DRAGO

1.2.1. ANTECEDENTES DEL CAMPO DRAGO

El campo Drago Norte fue descubierto por Petroproducción mediante la perforación del pozo exploratorio Drago Norte-1 que alcanzó una profundidad de 10,169 pies en el cual se obtuvo resultados positivos en sus pruebas iniciales de producción.

Sus arenas productoras son Hollín Superior, T Inferior, y U Inferior que presentaron una producción diaria de 1320 BFPD, 864 BFPD y 1560 BFPD respectivamente, y presentan un crudo con gravedad API de 27.5, 29.5 y 28.9 respectivamente.

1.2.2. UBICACIÓN DEL CAMPO

El campo Drago Norte se encuentra localizado en el Oriente Ecuatoriano, Provincia Sucumbíos. En la Figura 1.8 se detalla la ubicación del campo en el mapa Ecuatoriano.

Se encuentra a 193 Km al este de la ciudad de Quito, entre los campos Sacha y Shushufindi. Sus coordenadas geográficas se muestran a en la Tabla 1.6.

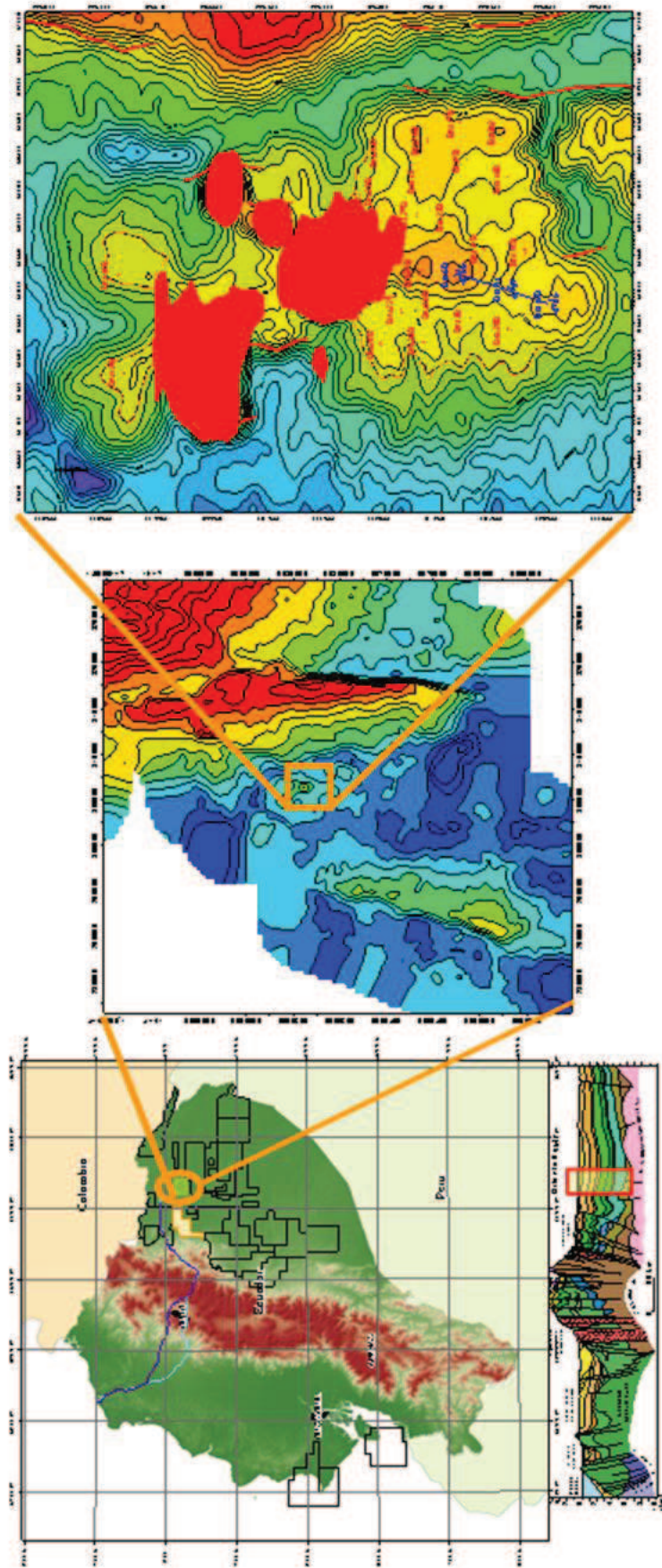
Tabla 1.6: Coordenadas Geográficas del Campo Drago

Coordenadas del Campo Drago	
Latitud	0° 8 'S a 0° 1 ' S
Longitud	76° 43 ' W - 76° 45 ' W

Fuente: Petroproducción, Ingeniería Campo Drago.

Elaborado por: Jonnathan Fabara

Figura 1. 8- Ubicación Campo Drago



1.2.3. GEOLOGÍA DEL CAMPO DRAGO

1.2.3.1. Descripción estructural, estratigráfica y litológica del campo Drago

1.2.3.1.1. Descripción estructural

En el Área Drago, Drago Este, Drago Norte se diferencian trenes estructurales.

El alto estructural Sur, Drago-Condorazo SE, es un alto angosto, de orientación NO-SE, denominado así porque se ubican los altos Drago y Condorazo SE en los que se perforó el pozo Drago 1 con resultados positivos.

El alto central Drago Este, Drago Norte, de mayores dimensiones. Contiene de SE a NO, los altos Drago Este, Drago Norte donde se perforaron los pozos Drago Norte 1 y Drago Este 1, con resultados positivos.

En la sección sísmica se observa la deflexión estructural que separa las estructuras Drago Norte y Drago Este. La Estructura Shushufindi gana relieve al este y el Pre-hollín muestra una alta disturbación tectónica, con un plegamiento de fuerte relieve, que podría ser resultado de una tectónica salina o arcillosa o de una sobre corrimiento. Las dos hipótesis se sustentan en que bajo el plegamiento se observa un paquete de reflexiones no plegados, que podría actuar como superficie de despegue.

El alto Drago Norte, forma partes de una estructura mayor, más o menos isométrica, que se integra en un tren estructural de orientación NO-SE, encuadrada entre dos ejes bajos que corresponden posiblemente a lineamientos de basamento que se reactivaron en el Triásico-Jurásico pasando a formar parte de las fallas transversales del Graben, del corredor central Sacha-Shushufindi, reactivadas en trenes de dirección NO-SE

El anticlinal Drago Norte es asimétrico, tiene una orientación aproximada N-S. El flanco oriental está limitado por una deflexión estructural que lo separa del Campo Shushufindi. A la base Caliza A la estructura tiene una longitud aproximada de 3.8 km y un ancho de 2.9 km. Su máximo cierre estructural es de 50 pies al norte de la estructura.

La estructura Drago Norte, tiene una edad Cretácico-Tardía, como muestra la pequeña variación del espesor de Napo Superior (Tope Caliza M2-Tope Napo), entre la parte alta de la estructura y sus flancos. Esa variación puede apreciarse con dificultad en la sección sísmica aplanada al tope Napo.

El ápice de la estructura es la que más adelgazada está por la presencia del cuerpo volcánico, por lo que aparte del crecimiento estructural, la compactación diferencial también jugó un rol importante en la estructuración de este alto.

En el Anexo 3 se muestra los mapas estructurales de las Formaciones Arenisca Hollín Superior, Arenisca "T" Inferior y Arenisca "U" Inferior respectivamente.

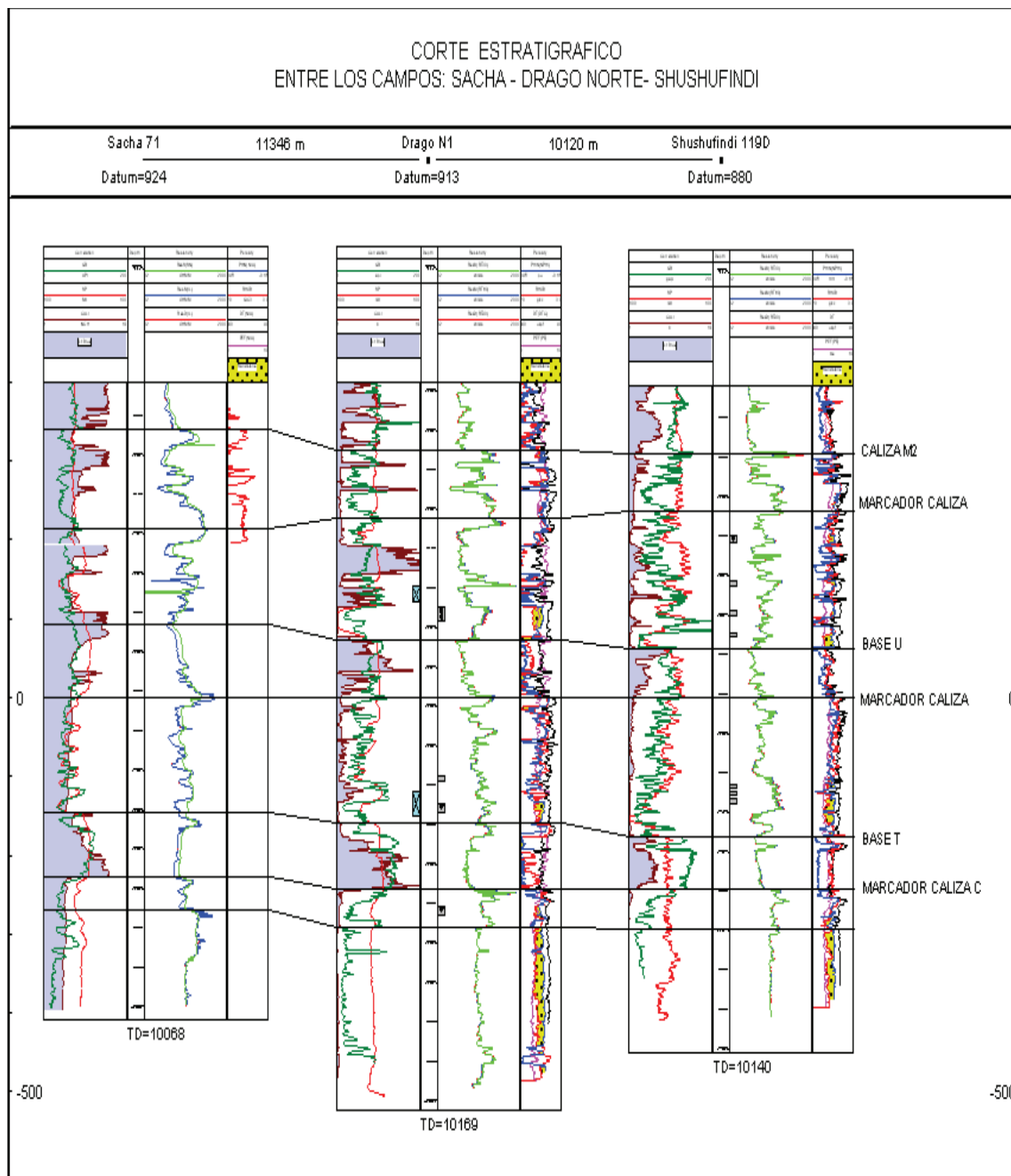
1.2.3.1.2. Descripción estratigráfica

La correlación estratigráfica de la Figura 1.9, es regional, tiene una dirección aproximadamente O-E, involucra a los pozos Sacha-71 y Shushufindi 119D, donde se identifica los marcadores regionales dentro de las formación Napo y Hollín que son de interés hidrocarburífero, en un espesor casi constante entre la Caliza M2 y la Caliza C.

También se observa el desarrollo de las principales secuencias depositacionales como: la secuencia estratigráfica T, que marca una importante transgresión regional para favorecer acumulaciones de hidrocarburos en depósitos de areniscas limpias a la base, intercalaciones de lutitas que conforme se ubican en la parte superior se tornan cada vez más calcáreas hasta depositarse la Caliza B.

De igual manera prosigue la secuencia estratigráfica U con eventuales progradaciones que aíslan a los cuerpos arenosos favoreciendo el entrapamiento estratigráfico. La secuencia Hollín se observa en los pozos Drago Norte 1 y Drago norte Este 1, a la base son depósitos de areniscas limpias y al tope una secuencia transgresiva constituida de intercalaciones de areniscas con lutita.

Figura 1.9: Corte Estratigráfico W-E (Sacha 17, Drago N1, Shushufindi 119D)



Fuente: Departamento de Ingeniería campo Drago

1.2.3.1.3. Descripción litológica

Hollín: Está constituida de areniscas cuarzosas blancas transparentes de grano grueso a grano medio, con buenos parámetros petrofísicos para ser roca reservorio. Al tope se reducen sus parámetros petrofísicos por la presencia de intercalaciones de lutita e inclusiones de glauconita en las areniscas.

“T” inferior: Constituida de arenisca cuarzosa, blanca, gris clara, subtransparente a subtranslúcida, suelta a moderadamente consolidada, grano fino, subangular a subredondeada, buena selección, matriz caolinítica, cemento y porosidad no visible. Con intercalaciones de lutita de color gris, gris obscura, suave a moderadamente dura, subfísil, laminar, localmente micromicácea y limosa, no calcárea y caliza lodosa, crema grisáceo, localmente crema, moderadamente dura a dura, en bloques a subbloques, con inclusiones de glauconita.

“T” Superior: Está formada por arenisca cuarzosa, gris, gris verdosa clara, subtransparente a subtranslúcida, friable a moderadamente consolidada, grano fino a muy fino, subangular a subredondeada, regular selección, matriz arcillosa, cemento calcáreo, porosidad no visible. Con intercalaciones de lutita negra, gris obscura, firme a moderadamente firme, laminar a sublaminar, físil a subfísil, quebradiza, localmente astillosa, no calcárea.

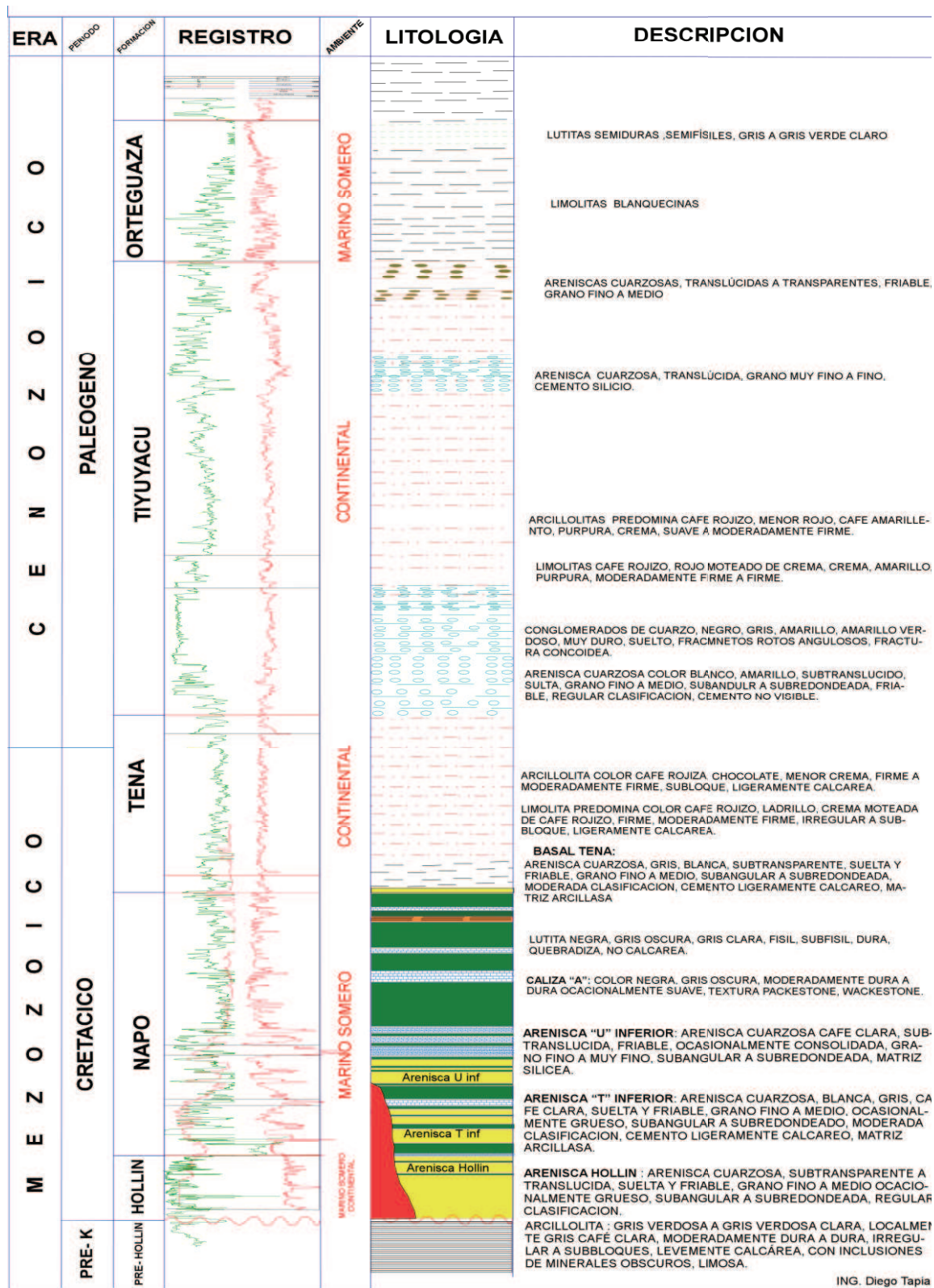
“U” inferior: Constituida de: arenisca cuarzosa, hialina, subtranslúcida, subtransparente, moderadamente consolidada a friable, grano medio a fino, subangular a subredondeada, regular selección, matriz, cemento y porosidad no visibles. Con intercalaciones de lutita gris oscura, negra, moderadamente dura, sublaminar, subplanar, subastillosa, textura grasosa; y de caliza color crema, subtransparente, friable, grano medio a fino, ocasionalmente crema moteada con gris oscuro, firme, blocosa a subblocosa, textura empaquetada.

“U” Superior: Está constituida de: arenisca cuarzosa, blanca, subtranslúcida a subangular a subredondeada, regular selección, matriz arcillosa, asociado con glauconita, no se observa cemento ni porosidad. Con intercalaciones de lutita color gris oscuro a negra, firme a moderadamente dura, subfísil a físil, laminar, localmente astillosa, no calcárea.

1.2.3.1.4. Columna Estratigráfica del Campo Drago

En la Figura 1.22 se muestra una columna generalizada del campo Drago.

Figura 1. 10 Columna Estratigráfica Generalizada del campo Drago



ING. Diego Tapia

Fuente: Departamento de Ingeniería campo Drago

1.2.4. PROPIEDADES PETROFÍSICAS

En la Tabla 1.7, se detalla las propiedades de espesor, porosidad y saturación de agua de las formaciones para los pozos Drago Norte 1, Drago Norte 6D y Drago Norte 15D.

Tabla 1.7: Propiedades de la Roca Campo Drago

Pozo/Yacimiento	Drago Norte 1			Drago Norte 6D			Drago Norte 15D		
	Ho Pies	Por. %	Sw %	Ho Pies	Por. %	Sw %	Ho Pies	Por. %	Sw %
Arenisca U inferior	18	18.2	18.2	24	14.9	22.5	42	14.0	26.3
Arenisca T Superior				3	12.2	40.0	4	10.9	40.6
Arenisca T inferior	18	15.0	29.0	7	15.5	26.9	39	11.0	20.5
Arenisca Hollin Superior	12	15.2	33.0	5	13.5	42.3	5	10.0	44.0

Fuente: Petroproducción, Ingeniería Campo Drago.

Elaborado por: Jonnathan Fabara

Las propiedades de los fluidos se detallan en la tabla 1.8

Tabla 1.8: Propiedades petrofísicas de los Fluidos del campo Drago

Parámetros	U	T	Hollín Superior
Pb (psi)	420	950	93
GOR (PC/ BBL)	134	275	8
Boi (BY/BN)	1.125	1.220	1.111
Bob (BY/BN)	1.143	1.247	1.084
API	25.9	31.1	27.1

Fuente: Departamento de Ingeniería del Campo Drago

Elaborado por: Jonnathan Fabara

Las presiones Iniciales se reflejan en la Tabla 1.9, la cual muestra la presión de fondo fluyente y estática en el año 2009.

Tabla 1.9: Presiones Iniciales, estáticas y fluyentes de las formaciones del Campo Auca, 2009

Formación	Parámetros		
	Pi (psi)	Pws (psi)	Pwf (psi)
U inferior	2875	2848	2419
T inferior	2894	2854	1914
Hollín Superior	4282	4183	2729

Fuente: Departamento de ingeniería del Campo Drago

Elaborado por: Jonnathan Fabara

1.2.5. RESERVAS

En la Figura 1.11 se muestra las reservas de las formaciones productoras del Campo Auca. Aquí se detalla las reservas calculadas de acuerdo a los estudios realizados en los Pozos Drago Norte 1, Drago Norte 15D, Drago Norte 6D.

1.2.6. POZOS PERFORADOS EN EL CAMPO DRAGO

Para los años 2010, 2011 y 2012 se planificó la perforación de algunos pozos que están detallados en la Figura 1.12, en la cual se detalla el tipo de pozo y sus coordenadas de llegada.

Figura 1. 11: Pozos Propuestos para el Período 2010-2012

Nº	POZO PROPUESTO	TIPO	CATEGORIA	COORDENADAS DE LLEGADA	
				Y	X
1	DRAGO NORTE 2	VERTICAL	AVANZADA	9981443	308339
2	DRAGO NORTE 3D	DIRECCIONAL	DESARROLLO	9981918	305550
3	DRAGO NORTE 4D	DIRECCIONAL	DESARROLLO	9981943	307908
4	DRAGO NORTE 11D	DIRECCIONAL	DESARROLLO	9981128	306559
5	DRAGO NORTE 17D	DIRECCIONAL	DESARROLLO	9982037	308467
6	DRAGO NORTE 14D	DIRECCIONAL	DESARROLLO	9981704	306613
7	DRAGO NORTE 16D	DIRECCIONAL	DESARROLLO	9981354	307650
8	DRAGO NORTE 13	VERTICAL	DESARROLLO	9982559	307564
9	DRAGO NORTE 20D	DIRECCIONAL	DESARROLLO	9981351	305408
10	DRAGO NORTE 21D	DIRECCIONAL	DESARROLLO	9982538	308204
11	DRAGO NORTE 22	VERTICAL	DESARROLLO	9982962	305467
12	DRAGO NORTE 23D	DIRECCIONAL	DESARROLLO	9982172	307088
13	DRAGO NORTE 24D	DIRECCIONAL	DESARROLLO	9982641	306248
14	DRAGO NORTE 25D	DIRECCIONAL	DESARROLLO	9983129	308017
15	DRAGO NORTE 26D	DIRECCIONAL	DESARROLLO	9982591	305243
16	DRAGO NORTE 27D	DIRECCIONAL	DESARROLLO	9982688	307099
17	DRAGO NORTE 28D	DIRECCIONAL	DESARROLLO	9983192	305193
18	DRAGO NORTE 29D	DIRECCIONAL	DESARROLLO	9983208	307453
19	DRAGO NORTE 30D	DIRECCIONAL	DESARROLLO	9982392	305782

Fuente: EP Petroecuador- Subgerencia de Exploración y Desarrollo

Figura 1. 12.- Reservas de petróleo Campo Drago

POZO DRAGO NORTE 1												
RESERVORIO	AREA (M2)	AREA (ACRES)	ho (PIES)	V. ROCA AC-PIE	Por (%)	Sw (%)	POES (STBL)	Boi (BY/BN)	N (BN)	Fr (%)	RESERVAS (BN)	
"U"-INFERIOR	3.80E+05	93.900	18	1,690	15.0	18.2	1,608,911	1.125072	1,430,051	30	429,015	
"T"-INFERIOR	3.80E+05	93.900	18	1,690	14.0	29.0	1,303,388	1.220125	1,068,242	30	320,472	
HOLLIN SUPERIOR	3.80E+05	93.900	12	1,127	12.5	33	732,118	1.110659	659,174	30	197,752	
TOTAL						26.73	3,644,417		3,157,467		947,240	

POZO DRAGO NORTE 15D												
RESERVORIO	AREA (M2)	AREA (ACRES)	ho (PIES)	V. ROCA AC-PIE	Por (%)	Sw (%)	POES (STBL)	Boi (BY/BN)	N (BN)	Fr (%)	RESERVAS (BN)	
"U"-INFERIOR	3.80E+05	93.900	18	1,690	15.0	18.2	1,608,911	1.125072	1,430,051	30	429,015	
"T"-INFERIOR	3.80E+05	93.900	18	1,690	14.0	29.0	1,303,388	1.220125	1,068,242	30	320,472	
HOLLIN SUPERIOR	3.80E+05	93.900	12	1,127	12.5	33	732,118	1.110659	659,174	30	197,752	
TOTAL						26.73	3,644,417		3,157,467		947,240	

POZO DRAGO NORTE 6D												
RESERVORIO	AREA (M2)	AREA (ACRES)	ho (PIES)	V. ROCA AC-PIE	Por (%)	Sw (%)	POES (STBL)	Boi (BY/BN)	N (BN)	Fr (%)	RESERVAS (BN)	
"U"-INFERIOR	3.80E+05	93.900	18	1,690	15.0	18.2	1,608,911	1.125072	1,430,051	30	429,015	
"T"-INFERIOR	3.80E+05	93.900	18	1,690	14.0	29.0	1,303,388	1.220125	1,068,242	30	320,472	
HOLLIN SUPERIOR	3.80E+05	93.900	12	1,127	12.5	33	732,118	1.110659	659,174	30	197,752	
TOTAL						26.73	3,644,417		3,157,467		947,240	

Fuente: EP Petroecuador- Subgerencia de Exploración y Desarrollo

La planificación de los pozos se detalla en la Figura 1.13.

Figura 1. 13.-Planificación de pozos para el período 2010-2012

POZOS	AÑOS																																			
	1												2												3											
	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
DRAGO NORTE 2																																				
DRAGO NORTE 3D																																				
DRAGO NORTE 4D																																				
DRAGO NORTE 11D																																				
DRAGO NORTE 17D																																				
DRAGO NORTE 14D																																				
DRAGO NORTE 16D																																				
DRAGO NORTE 13																																				
DRAGO NORTE 20D																																				
DRAGO NORTE 21D																																				
DRAGO NORTE 22																																				
DRAGO NORTE 23D																																				
DRAGO NORTE 24D																																				
DRAGO NORTE 25D																																				
DRAGO NORTE 26D																																				
DRAGO NORTE 27D																																				
DRAGO NORTE 28D																																				
DRAGO NORTE 29D																																				
DRAGO NORTE 30D																																				

Fuente: EP Petroecuador- Subgerencia de Exploración y Desarrollo

1.2.7. APLICACIONES DE BROCAS DE PERFORACIÓN

En el Campo Drago, se perforaron los Pozos Drago Este 8D, Drago Norte 20D, Drago Este 12D, Drago Norte 11D, Drago Norte 2, Drago Norte 17D, Drago Norte 31D, Drago Norte 16D, Drago Norte 21D, Drago Norte 25D. Todos éstos se llevaron a cabo con los taladros de perforación CPEB 50112, Sinopec 169 y Sinopec 188.

1.2.7.1. Brocas usadas en la sección de 16”

La sección de 16” en el Campo Drago está conformada especialmente por el Terciario Indiferenciado, compuesto principalmente de arcilla con presencia de arena y lutita.

Para esta sección se ha utilizado dos tipos de brocas, una Roller Cone de dientes con IADC 115 (Figura 1.14) la cual perfora aproximadamente 300 pies de conglomerado superficial del Terciario Indiferenciado con ROP 53 pies/hora, y una broca PDC con un IADC S423 de 16 pulgadas, de 5 aletas con cortadores de 19mm (Figura 1.15) la cual perfora en 2 corridas un intervalo aproximado de 2871 pies con una ROP 116 pies/hora.

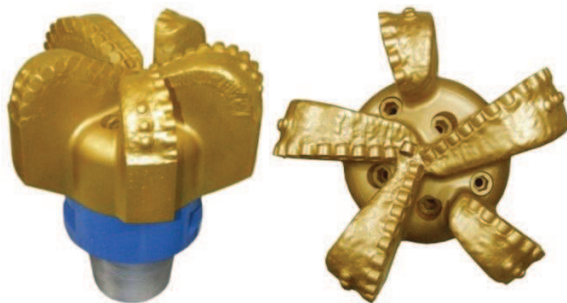
Figura 1. 14: Broca 16" TFR519M

Vista lateral Vista de planta

Fuente: Fichas Técnicas de brocas ReedHycalog

En general, para la perforación la broca Roller Cone se utilizó un TFA 0.714 in^2 y la broca PDC en su primera corrida utiliza un TFA de 0.863 in^2 y para la segunda corrida un TFA de 1.086 in^2 .

El desgaste más común de las mismas ha sido acorde a las condiciones litológicas afines al campo y su principal razón de salida ha sido por llegar a TD.

Figura 1.15: Broca 16" TFR519M

Vista lateral Vista de planta

Fuente: Fichas Técnicas de brocas ReedHycalog

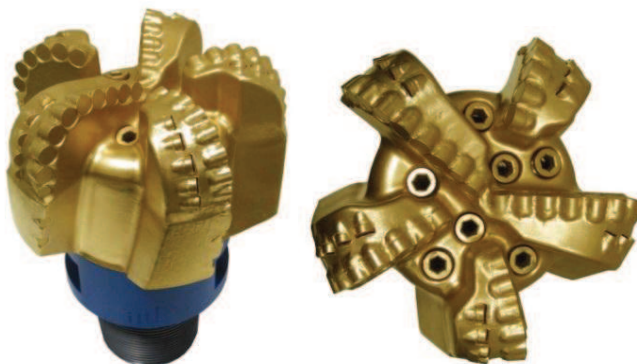
1.2.7.2. Brocas usadas en la sección de $12 \frac{1}{4}$ "

La sección de $12 \frac{1}{4}$ " en el Campo Drago, atraviesa las zonas de Orteguaza, Tiyuyacu, atravesando los conglomerados superior e inferior del mismo, Tena, Basal Tena hasta llegar a Napo. Se da una mayor presencia de arcilla, limolita, conglomerado, chert y arenisca.

Para esta sección se ha utilizado brocas con un IADC M323 y M422 de $12 \frac{1}{4}$ pulgadas, de 5 aletas con cortadores de 16mm para perforar por lo general

Orteguaza y parte de Tiyuyacu, y brocas de 5 aletas con cortadores de 19mm para el resto de la sección. (Figura 1.16).

Figura 1. 16: Broca 12.25" E1134



Vista lateral

Vista de planta

Fuente: Fichas Técnicas de brocas ReedHycalog

Para la perforación se utilizó TFAs con valores entre 0.589 y 1.534 in² alcanzando un intervalo promedio perforado de 1097 pies con una ROP promedio de 40.59 pies/hora.

El desgaste de la broca ha sido a causa de la presencia del conglomerado que debido a la presencia de chert en su naturaleza, ha sido necesario varias brocas en esta sección. La razón de salida ha sido por llegar a TD.

1.2.7.3. Brocas usadas en la sección de 8 ½"

La sección de 8 ½" en el Campo Drago, atraviesa las formaciones Tena, Basal Tena Napo y Hollín conformadas por arcilla, limolita, lutita, caliza, arenisca y kaolinita.

Para esta sección se ha utilizado brocas con un IADC S424 y M323 de 8 ½ pulgadas, de 6 aletas con cortadores de 19mm (Figura 1.17)

Figura 1. 17.- Broca 8.5" DSR619



Vista lateral Vista de planta

Fuente: Fichas Técnicas de brocas ReedHycalog

Para la perforación se utilizó TFA's de 0.778 in^2 perforando un intervalo promedio de 1262 pies con una ROP promedio de 41.38 pies/hora.

El desgaste de la broca ha sido a causa de la presencia de la intercalación de lutita, arenisca y caliza y la razón de salida ha sido por llegar a TD.

CAPÍTULO 2

FUNDAMENTOS TEÓRICOS DE HIDRÁULICA DE BROCAS Y DESCRIPCIÓN DE EQUIPOS DE SUPERFICIE Y REQUERIMIENTOS

2.1. INTRODUCCIÓN Y DEFINICIONES DE BROCAS DE PERFORACIÓN

Los actuales métodos de perforación de los distintos tipos de pozos implican el uso inevitable de una broca de perforación. Esta herramienta de fondo es indispensable para el ingeniero perforación, por lo que su selección, condiciones y parámetros de perforación son premisas indispensables para lograr una exitosa operación.

Actualmente, el mercado de brocas de perforación ofrece una gran variedad en tipos de brocas. Es por esto que el diseño de éstas deben tomar en cuenta las condiciones de la formación que se quiere perforar así como también del equipo disponible para el procedimiento.

El ingeniero de perforación debe dominar los fundamentos de selección de brocas de perforación, así como también debe ser capaz de entender el comportamiento de las mismas para un adecuado desempeño de la herramienta.

Las primeras patentes de brocas de perforación surgieron en 1901, conjuntamente son los primeros yacimientos petroleros. En la actualidad, su diseño e ingeniería, han mejorado notablemente tanto sus características físicas como mecánicas. Así como también ha mejorado su funcionamiento y durabilidad, llegando a un mejor rendimiento y desempeño en la perforación de pozos.

Para poder seleccionar una broca adecuadamente se debe analizar algunas variables que se relacionan entre sí. Por lo que es importante considerar los siguientes factores:

- Evaluación del desgaste de las brocas previamente empleadas.
- Rendimientos de las brocas en pozos situados en zonas cercanas.

- Registros geofísicos de pozos vecinos y del pozo que se está perforando.
- Software especializado en análisis y selección.
- Propiedades de los fluidos de perforación a ser empleados.
- Información geológica.
- Hojas técnicas de las brocas disponibles.
- Herramientas de perforación a ser utilizadas.

2.2. BROCAS DE PERFORACIÓN

Una broca de perforación es la herramienta de corte que se ubica en el extremo inferior de la sarta de perforación, usada para cortar o triturar la formación durante el proceso de perforación.

Para realizar la perforación del suelo, las brocas se basan en dos principios fundamentales que son:

- Romper la roca venciendo sus esfuerzos de corte
- Romper la roca venciendo sus esfuerzos de compresión.

La forma en la que la broca ataca a la roca es mediante la incrustación de sus dientes en la formación, y posteriormente al cortar la roca mientras se desplaza dentro de ella, o mediante el cizallamiento generado por los cortadores de las brocas que vence la resistencia de la roca. A partir de aquí se distingue dos tipos de brocas: de dientes y/o insertos, y de cortadores fijos.

Entonces, la forma en la que la broca cortará la formación dependerá de las características de la roca que se desea cortar, siendo el principal factor la dureza de la misma. Por tanto el factor de dureza de la formación es muy importante en la clasificación de las brocas.

Las brocas de perforación más utilizadas en la actualidad se clasifican de manera general en: brocas roller cone, brocas de cortadores fijos y brocas especiales.

2.2.1. BROCAS ROLLER CONE

Como su nombre lo indica, consta de tres conos cortadores que giran sobre su propio eje. Para su construcción se emplea cojinetes antifricción con una hilera de dientes sobre la longitud de un cono. Cada hilera fue producida separadamente y escalonada con los dientes de otras hileras. En la Figura 2.1 se puede ver una broca Roller cone de insertos Reedhycalog.

Figura 2. 1: Broca Roller Cone de insertos Reedhycalog



Fuente: Fichas Técnicas de brocas ReedHycalog

La característica de escalonamiento dobla la velocidad de penetración. Así se mejoraron cojinetes y optimizó la estructura de corte hasta que en 1948 se introdujo las brocas a chorro. Las toberas de estas brocas envían el fluido contra el fondo del pozo para remover y levantar los recortes a medida que la broca afloja la formación.

En 1951 se emplea insertos de carburos de tungsteno. Éstas tenían insertos cilíndricos que se encontraban redondeados a sus extremos y colocados a presión en los agujeros hechos en los conos, dando lugar así a la estructura de corte. Esta característica en forma ovoide daba al inserto la resistencia y capacidad de trituración necesaria para perforar de tres a diez veces más que las brocas con dientes de acero.

En 1959, con la implementación del balero sellado, del compensador de presión y del sistema de autocontenido de lubricación, se proporciona a los cojinetes de rodillos una mayor capacidad de prolongar la vida de la broca. En 1969 se introduce al mercado el cojinete de fricción. Este cojinete tenía una duración pareja a los cojinetes de las brocas de insertos de carburo de tungsteno.

2.2.1.1. Principio de diseño de las Brocas Roller Cone

Como se ha descrito previamente, las brocas Roller Cone constan de tres conos cortadores montados sobre las superficies de los cojinetes que son parte del cuerpo y que giran sobre su propio eje. Los conos tienen una estructura de corte que puede ser de una estructura de acero o de inserto de carburo de tungsteno, que fallan mecánicamente a la roca.

En la Figura 2.2, se puede observar como es la acción de los cortadores sobre la formación, donde a ingresar en esta van triturando a la vez que giran sobre la misma. Dado que el cono tiene una superficie cónica única, con su eje en el centro de rotación de la broca, rodará en el fondo del pozo sin ninguna acción de deslizamiento o arrastre.

Figura 2. 2.- Acción del cono sobre la formación



Fuente: Documentos Técnicos NOV Downhole

Las brocas Roller Cone son generalmente hechas a partir de tres cuerpos, cada una de las cuales lleva un cono con una estructura de corte diferente. Estos cuerpos son hechos de acero las cuales tienen caras a 120° , y también contienen el camino de flujo para el fluido que limpiará la broca y llevará los recortes a superficie. Este camino se conoce como el agujero de la boquilla. (Figura 2.3.)

Figura 2. 3.- Cuerpos con sus respectivos conos

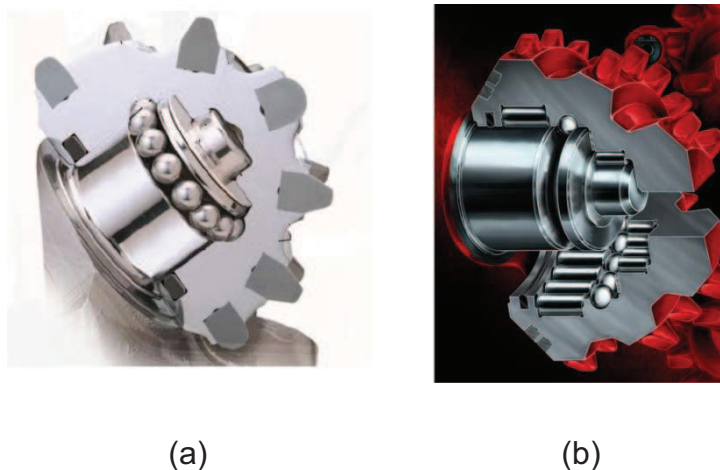


Fuente: Documentos Técnicos NOV Downhole

El diseño de las brocas Roller Cone varían también de acuerdo a su sistema de cojinetes. Hay dos diseños distintos de cojinetes que pueden ser:

- Cojinetes de fricción (Figura 2.4., (a))
- Cojinetes de rodamientos (Figura 2.4., (b)).

Figura 2. 4.- Cojinetes de Fricción (a) y de Rodamientos (b)



Fuente: Documentos Técnicos NOV Downhole

Los cojinetes de fricción son siempre sellados. Sin embargo en algunos cojinetes de rodamientos de gran diámetro no tienen sello.

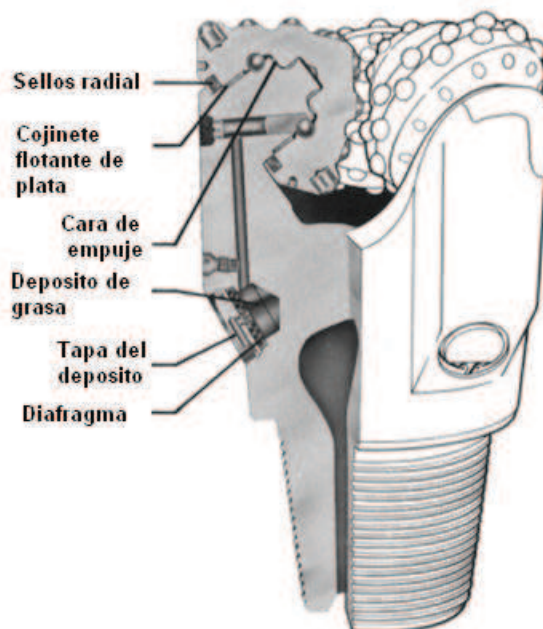
En la actualidad los cojinetes sin sello se ocupan en la parte superior de los pozos, en donde el tiempo de maniobra no es excesivo. En algunos casos cuando la velocidad de rotación es alta, la pista de los rodillos absorbe la mayor porción de empujes radiales y el cojinete de la nariz absorbe una pequeña parte de esta carga.

Las superficies de empuje, perpendiculares al muñón y la superficie del fondo, está diseñada para realizar los empujes hacia afuera. La pista de balines mantiene los conos en su lugar y recibe los empujes de afuera hacia adentro. Cuando algunas partes del cojinete están gastadas, la pista de los balines también absorbe algunas cargas radiales y algunos empujes hacia afuera.

El sistema de lubricación juega un papel importante en la duración de las brocas. Como puede verse en la Figura 2.5., es importante que la presión del lubricante en cada uno de los cojinetes sea la misma presión que la que se tiene en el anular. El diafragma flexible, expuesto a la presión del lodo, comunica esta

presión al lubricante en el reservorio de grasa y por medio de los tubos de grasa también se lo comunica al ensamblaje de cojinetes.

Figura 2. 5.- Sistema de Lubricación



Fuente: Documentos Técnicos NOV Downhole

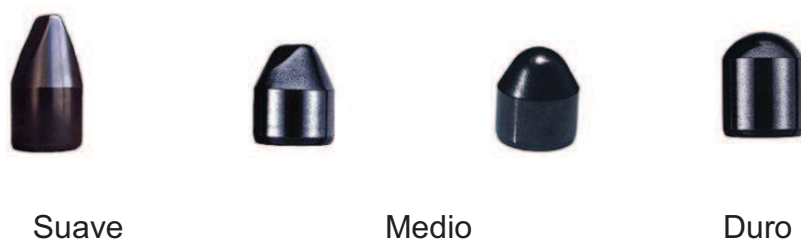
Con respecto a la estructura de corte, hay dos tipos de estructuras que son usadas: de dientes y de insertos.

Para las brocas de dientes, el forjado se da en máquinas especiales las cuales maquinan el acero para dar la forma de los dientes. Dientes largos y en punta son maquinados para formaciones blandas, y dientes robustos y pequeños son adecuados para formaciones duras.

Para las brocas de insertos de carburo de Tungsteno, hoyos o agujeros son perforados en la carcasa del cono y los insertos son colocados a presión dentro de estos agujeros.

Así como los dientes, los insertos son maquinados de acuerdo a la formación que se desea perforar. Para formaciones duras tendrá una forma de domo o cónica, y para formaciones suaves tendrá una forma de cincel alargado, tal como se muestra en la Figura 2.6.

Figura 2. 6.- Forma de los insertos



Fuente: Documentos Técnicos NOV Downhole

2.2.2. BROCAS DE CORTADORES FIJOS

Las brocas de cortadores fijos son más simples que las brocas roller cone, puesto que estas no tienen partes móviles. Hay dos tipos básicos que son:

- Brocas PDC
- Brocas de diamantes

2.2.2.1. Brocas de Diamante compacto policristalino o PDC

Las Brocas PDC tienen elementos de corte (los cortadores PDC) montados sobre las aletas, las cuales se extienden desde el cuerpo de la broca como se muestra en la Figura 2.7.

Figura 2. 7.- Broca PDC



Fuente: Fichas Técnicas de brocas ReedHycalog

El mecanismo de corte de las brocas PDC es por cizallamiento como se indica en la Figura 2.8. Por su diseño hidráulico y el de sus cortadores en forma de pastillas o tabletas y por su excelente desempeño en perforación rotatoria, esta broca es la más usada en la actualidad para la perforación de pozos petroleros.

Figura 2. 8.- Acción del PDC sobre la Formación



Fuente: Documentos Técnicos NOV Downhole

Las boquillas están posicionadas en el cuerpo de la broca a fin de direccionar el lodo de perforación, para limpiar el fondo del hoyo y cortadores, y para acarrear los recortes a través del espacio anular.

El cortador PDC está compuesto de varias partes. La tableta de diamante es la parte activa de la estructura de corte. Está compuesta por polvo de diamante fundido a altas presiones y temperaturas con la ayuda de un catalizador de cobalto. Éste es pegado a un substrato de carburo de tungsteno, éstos dos forman el PDC, o Diamante compacto policristalino.

En la Figura 2.9., se muestra las partes descritas anteriormente.

Figura 2. 9.- Partes de un PDC



Los cortadores son manufacturados en una variedad de tamaños, para el caso de las ReedHycalog empleados en Ecuador se utilizan los tamaños de: 11, 13, 16 y 19 milímetros.

Los bolsillos donde se colocarán los cortadores son hechos en la matriz. Estos cortadores son colocados con un ángulo llamado ángulo de inclinación del

respaldo. Mientras más pequeño sea el ángulo, la broca será más agresiva. Esta broca será más rápida pero está más propensa al desgaste, sufrir daño y a generar vibración. El ángulo se mide desde la cara del cortador PDC hasta la vertical como se indica en la Figura 2.10.

Figura 2. 10.- Angulo de inclinación del respaldo



El cuerpo de la broca puede ser de dos tipos de materiales: de acero o de matriz.

De éstos dos, la de cuerpo de acero es más resistente y su fabricación es más fácil y más rápida.

2.2.2.2. Brocas de diamante natural

Las brocas de diamante natural tienen un cuerpo fijo cuyo material puede ser de acero o de matriz. El tipo de flujo es radial y el tipo de cortadores son de diamante natural que son incrustados en el cuerpo de la broca, con diferentes densidades y diseños. Un ejemplo de este tipo de brocas podemos observar en la Figura 2.11.

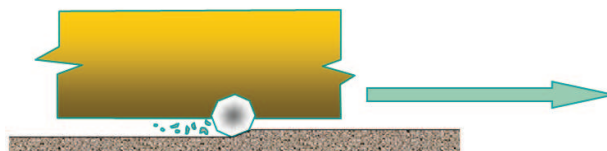
Figura 2. 11.- Broca de diamante Natural



En la actualidad el uso de estas brocas es limitado salvo en aquellos casos donde se requiere perforar formaciones muy duras y cortar núcleos. Otro uso práctico es la aplicación de brocas desviadoras o sidetrack para desviar pozos en formaciones muy duras y abrasivas.

El mecanismo de corte de este tipo de broca es por fricción y arrastre, tal como se indica en la Figura 2.12., lo cual genera altas temperaturas. El diamante utilizado para su construcción es el diamante en su forma natural y no comercial. El tamaño de estos diamantes puede variar de acuerdo con el tipo de diseño de la broca, es decir, mientras más dura y abrasiva sea la formación, más pequeño será el diamante que se debe usar.

Figura 2. 12.- Acción del diamante sobre la formación



El diamante natural es una forma cristalina y pura de carbón con una estructura cúbica de cristal. Es el material más duro hasta ahora conocido y en forma natural el 80% de los diamantes es para uso industrial mientras que solo el 20% es para gemas.

2.2.2.3. Brocas de diamante térmicamente estable o TSP

El diseño de las brocas TSP, al igual que las bocas de diamante natural, es un solo cuerpo sin partes móviles. Son usadas para perforar rocas duras como calizas duras, basalto, arenas finas duras, entre otras. Son más usadas que las brocas de diamante natural. Un ejemplo de este tipo de broca se puede observar en la Figura 2.13.

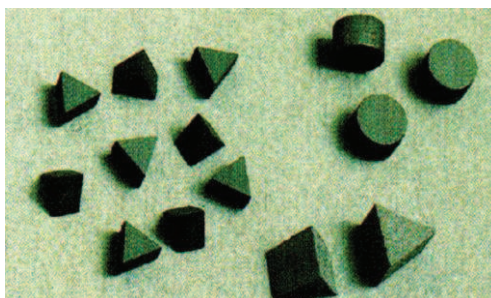
Figura 2. 13.- Broca TSP



Este tipo de brocas usa como estructura de corte, diamante sintético en forma de triángulos pequeños no redondos como es el caso de las brocas de diamante natural (Figura 2.14.).

Estas brocas también tienen aplicación para cortar núcleos y desviar pozos cuando así lo amerite el tipo de formación.

Figura 2. 14.- Formas de los cortadores de las brocas TSP



2.3. MECÁNICA DE ROCAS

La mecánica de las rocas se define como la ciencia teórica y aplicada del comportamiento mecánico de la roca. Es una rama de la mecánica que trata con la respuesta de la roca en un campo de fuerzas aplicado en su medio ambiente físico.

Un estudio mecánico de las rocas debe cubrir un amplio campo debido a los muchos materiales clasificados como rocas. Algunas de estas pueden mostrar naturaleza elástica y quebradiza cuando se los somete a presiones de miles de libras por pulgada cuadrada (psi), mientras que otras pueden ser poro elásticas a una presión muy inferior. Entre otros comportamientos de distintas clases de rocas. Para llevar a cabo un estudio completo se necesita aplicar una gama de conocimientos y tecnologías para poder interpretar este comportamiento.

Por lo tanto, es importante estudiar las propiedades y características físicas de los minerales que conforman a las rocas encontradas durante el proceso de perforación, así como su influencia en la selección de las brocas y en la velocidad de penetración.

2.3.1. PROPIEDADES FÍSICAS

2.3.1.1. Clivaje

Son los bordes de separación en donde un material falla regularmente cuando se aplica una carga de compresión. Los minerales tienen diferentes niveles de clivaje en una o hasta tres direcciones.

2.3.1.2. Fractura

Son aquellos minerales sin planos de clivaje que se rompen de manera irregular cuando se perforan. Los términos empleados pueden ser concoidal, tenue, parejo y fibroso.

2.3.1.3. Dureza

Se define como la habilidad de una material para ser rayado por otro. Se utiliza la escala de Mohs que va de un valor de 1 para el material más suave y 10 para el más duro.

2.3.2. TIPO DE ROCAS

Las rocas en la naturaleza se clasifican en ígneas, sedimentarias y metamórficas dependiendo de la forma en la que se presentan en la naturaleza.

2.3.2.1. Rocas sedimentarias

Las rocas sedimentarias cubren el 75% de la corteza terrestre para el caso de la perforación y varían de espesor entre algunas pulgadas hasta casi 40000 pies.

Debido a esto se explicará de manera general su clasificación en función de su origen, características principales y tamaño.

2.3.2.1.1. Clasificación por origen

2.3.2.1.1.1. Origen químico

Se forman debido a reacciones inorgánicas de sales disueltas o como resultado de los precipitados de la evaporación.

2.3.2.1.1.2 Origen orgánico

El material orgánico (plantas terrestres y marinas, animales) forma un pequeño porcentaje de las rocas sedimentarias. Éstas son ricas en carbono y si se dan las condiciones, este carbono puede transformarse en diamante y petróleo.

2.3.2.1.2. Características

- Brecha: Fragmentos angulares cementados de otras rocas que crean una nueva roca compuesta cerca de las fallas.
- Conglomerado: Roca compuesta de fragmentos redondeados, menos angulares que las brechas, que se mantienen juntas por medio de un cemento como lutita o arcilla.
- Calizas: Compuestas por carbonatos de calcio o por materia orgánica como conchas o esqueletos, también como precipitado de agua de mar. Están formadas por grandes cantidades de materiales clásticos interdigitados.
- Margas: lutitas calcáreas con grandes cantidades de conchas porosas y mezcladas con arcilla.
- Dolomita: es una caliza en la cual la mayor parte de calcio ha sido reemplazada por magnesio. Es más dura que la caliza, sin embargo presenta mayor porosidad.
- Esquisto: es un tipo especial de caliza que es suave, porosa, de color blanco o gris. Cuando se encuentra bien compactada se vuelve más densa y tiene la perforabilidad de una caliza.
- Pedernal: Es un material silíceo, denso y duro que se encuentra en forma de guijarros o en distintas capas dentro de otra roca.
- Lutita: Está conformada por estrato compactado de lodo con arcilla. Las lutitas arenosas presentan arena, lutita calcárea y carbonato de calcio.
- Arenisca: Cuando la arena se cementa se vuelve una arenisca. La mayoría de areniscas se encuentran comprimidas con fragmentos de cuarzo, cementadas con carbonatos de calcio, sílice o arcilla.

2.3.2.1.3. *Tamaño*

Las rocas clásticas se describen a partir de su forma y tamaño. La forma se define como angular, sub angular o redondeada. En la Tabla 2.1., se define el tamaño de las rocas sedimentarias.

Tabla 2.1: Tamaño de rocas sedimentarias

Tipo	Diámetro (mm)
Canto Rodado	265
Pedrusco	64-265
Guijarros	4-64
Gránulos	2-4
Arena, Arenisca	0.062-2
Cieno	0.004-0.062
Arcilla	Menor a 0.004

Fuente: Barrenas e hidráulica de perforación

2.3.3. PROPIEDADES MECÁNICAS DE LAS FORMACIONES

2.3.3.1. Constantes elásticas dinámicas

Al someter una roca a diferentes esfuerzos tiende a deformarse de una manera previsible. Por lo tanto, las relaciones que describen este comportamiento reciben el nombre de constantes elásticas. A continuación se da una definición general de las relaciones básicas.

2.3.3.1.1. *Relación de Poisson*

Es una constante definida por la relación que existe entre la deformación lateral y la deformación longitudinal que sufre una roca. Matemáticamente se expresa:

$$v = \frac{\text{Deformación lateral}}{\text{Deformación longitudinal}}$$

2.3.3.1.2. *Módulo de Young*

Es la relación entre los esfuerzos y deformaciones longitudinales. Este efecto obedece a la propiedad elástica de la roca al estar sometida a los esfuerzos compresivos por la roca. Se expresa como:

$$E = \frac{\text{Esfuerzo aplicado}}{\text{Deformación normal}}$$

2.3.3.1.3. Módulo de Cizallamiento

Es el efecto de los esfuerzos paralelos compresionales que se producen al contacto de la broca con la cara de la formación y se define como la fuerza tangencial sobre la cara de la roca. Su expresión es:

$$G = \frac{\text{Esfuerzo aplicado}}{\text{Deformación de corte}}$$

2.3.3.1.4. Módulo volumétrico

Es el cambio de volumen que producen los esfuerzos compresionales derivados del peso sobre la broca a la cara de la roca y se expresa como:

$$K_b = \frac{\text{Esfuerzo aplicado}}{\text{Deformación volumétrica}}$$

2.3.3.1.5. Módulo de compresibilidad

Es el cambio fraccional del volumen de roca por unidad de incremento de esfuerzo compresivo aplicado a la formación. Se expresa como:

$$C_b = \frac{\text{Deformación Volumétrica}}{\text{Esfuerzo aplicado}}$$

2.3.3.1.6. Compresibilidad de la roca

Es la relación que existe del cambio volumétrico de la matriz generado por la carga compresiva de una columna hidrostática. Se expresa como:

$$C_R = \frac{\text{Cambio volumétrico de la matriz}}{\text{Presión Hidrostática}}$$

2.3.3.1.7. Resistencia compresiva

Al aumentar la presión de confinamiento, la resistencia y la ductilidad de la roca aumentan. Smorodinov y colaboradores determinaron dos relaciones de esfuerzo compresivo para roca carbonatada:

$$C_o = -0.88e^{2.85\rho}$$

$$C_o = 259e^{-0.91\theta}$$

Donde:

ρ = Densidad

θ = Porosidad.

Si se toman muestras de formación y se realizan pruebas triaxiales a la presión de confinamiento se obtiene la resistencia compresiva in situ o confinada.

2.4. SELECCIÓN DE BROCAS DE PERFORACIÓN

2.4.1. CRITERIOS PARA LA SELECCIÓN DE BROCAS DE PERFORACIÓN

2.4.1.1. Objetivos de perforación

- Para seleccionar una broca es fundamental conocer los objetivos de la perforación entre los cuales están todos aquellos requisitos especiales del operador. Esta información ayudará a determinar que característica debe tener la broca, obtener un buen desempeño en la aplicación, y así lograr satisfacer las necesidades de la compañía perforadora y los requisitos de perforación
- Rendimiento: Uno de los principales objetivos es lograr la perforación del pozo en el menor tiempo posible. Es decir, se selecciona el tipo de broca que más duración tenga, buscando la mayor cantidad de pies perforados en un tiempo aceptable.
- Direccional: El tipo del pozo a perforar es un criterio muy importante, ya sean brocas Roller Cone o brocas PDC. La densidad de cortadores, cantidad de aletas, control de la vibración y el calibre de la broca son parámetros de selección en aplicaciones direccionales.
- Economía: El costo de las brocas es un factor fundamental para la selección de brocas PDC.
- Análisis Histórico: El análisis de los pozos de correlación (pozos offset) ofrece un método para conocer de cierta forma las condiciones de perforación y la adecuada selección de brocas. Este estudio empieza una

vez que se ha recolectado información necesaria para poder realizar el análisis de acuerdo al objetivo que se persigue.

- **Coefficiente de penetración típico:** Es un indicador de la dureza de la roca. Al seleccionar una broca inadecuada la dureza de la roca puede afectar de manera equívoca al desempeño de la broca.
- **Fluidos de perforación:** El tipo y la calidad del fluido de perforación empleado tiene un efecto directo en el desempeño de la broca de perforación. Los records pueden determinar la variación y el nivel de efectividad de los fluidos de perforación que se usan en el campo.
- **Energía hidráulica:** Proporciona la limpieza y el enfriamiento a la broca. Esto se refiere a los caballos de fuerza hidráulica provocada por cada pulgada cuadrada, (HSI, hydraulic horse power per square inch) de superficie en las secciones del pozo.
- **Énfasis en los Costos:** Se refiere al costo de las brocas, es decir, los ingenieros de diseño y operación deben tomar en cuenta el número de posibilidades que pueden afectar el costo de un pozo y que dependen del tiempo. Por esto la broca debe tener cualidades que satisfagan las necesidades o los requerimientos de la perforación.

2.4.1.2. Restricciones de perforación

Los parámetros operativos deben corresponder a una escala aceptable para que una broca ofrezca sus mayores beneficios, ya sea ésta tricónica o PDC.

- **Limitaciones de peso sobre la broca:** cuando se tiene una limitación para aplicar peso sobre la broca, se debe tener en consideración que una broca PDC tiene capacidad de ofrecer mayor rata de penetración que una Roller Cone.
- **Escalas de revoluciones por minuto:** La velocidad a la que la compañía perforadora desea realizar la operación determina los parámetros de vibración y resistencia al desgaste necesarios para mantener un desgaste parejo en la broca y prolongar la vida útil de la misma.

- Formaciones Nodulares: son formaciones de ftanita, piritita y conglomerados, las cuales debido a dureza, provocan daño por impacto en la estructura de corte de las brocas.
- Ampliación: al tener un trabajo de ampliación de un pozo, se debe considerar factores como el calibre, puesto que las cargas de las brocas se van a concentrar en una superficie muy pequeña.
- Pozos profundos: en estos pozos se puede dar una cantidad muy alta de tiempos de viaje con respecto al tiempo de perforación. Motivo por el cual la eficiencia se ve reducida.
- Pozos de diámetro reducido: cuando el pozo tiene un diámetro menor a 6 ½", limita la aplicación de ciertas brocas, limitando a su vez el peso sobre la broca.
- Aplicaciones con motores: algunos motores dentro del pozo funcionan a altas velocidades (mayores a 250 RPM). La excesiva cantidad de RPM aceleran fallas en las brocas debido al aumento de carga térmica.

2.4.1.3. Atributos del medio ambiente

Para lograr una solución total de la broca para el pozo a perforar es necesario analizarlo por secciones que se puedan manejar. El más evidente es el diámetro del pozo, luego se puede clasificar en secciones aquellos intervalos con atributos comunes.

Los atributos del medio ambiente pueden dividirse según categorías de parámetros en cuanto al tipo de roca, medio ambiente y operativos. Un análisis detallado de cada una de estas categorías indicará los parámetros individuales de selección de brocas Roller Cone o PDC

2.4.1.4. Tipo de roca

Si se tiene datos precisos sobre las formaciones que se van a perforar en el intervalo, se podrá seleccionar con mayor facilidad el tipo de cortadores, estructura y densidad de cortadores que requiere dicha aplicación, ya sea con brocas roller cone o brocas de diamante.

- Litología: por lo general es la información más necesaria para poder determinar la mejor selección. El tipo de roca ayuda a determinar el tipo de corte necesario para vencer su resistencia: corte, surcado o molido.
- Características litológicas: ayuda a definir aún de mejor manera los parámetros para la selección de la broca. Es decir, definir densidad de cortadores, la configuración hidráulica y estimar la duración de la broca y su coeficiente de penetración.
- De transición: indica el cambio en la dureza de la formación durante el intervalo perforado. Esto provocará cargas dispares en el perfil de la broca a través de la transición. Las vibraciones axiales, torsionales y laterales son posibles en estos casos. La calidad y densidad de los cortadores así como las características especiales de la broca, será el criterio para la selección.
- Homogeneidad: determina la consistencia de la formación. Se tiene una mayor flexibilidad en la selección con respecto a la agresividad de la broca.
- Interestratificación: Se relaciona con formaciones de transición e indica los cambios en la litología del intervalo. Como se mencionó anteriormente, es importante el tipo de cortadores así como su calidad y cantidad.
- Fracturados o Nodulares: es una situación de alto impacto por lo que la selección de la broca dependerá de su resistencia al impacto.
- Tendencia de desviación: se relaciona con formaciones de buzamiento y perforación de transición. El calibre es el criterio a tomar en cuenta en esta selección.
- Vibración: tiene una función fundamental en el rendimiento y la duración de las brocas. El control de éstas, forma parte integral de la tecnología y el diseño de brocas. El calibre es el factor a tomar en cuenta en este tipo de selección.

2.4.2. SELECCIÓN EN FUNCIÓN A LA FORMACIÓN A PERFORAR.

La primera y más importante tarea para seleccionar y utilizar una broca en una aplicación específica es realizar la completa descripción de las formaciones que se han de perforar. El conocimiento de sus propiedades físicas puede demostrar

algunos indicativos sobre el tipo de broca que se debe seleccionar en intervalos determinados.

Si la formación es muy elástica, tiende a deformarse cuando se comprime en lugar de fracturarse. Aunque la roca tenga resistencia a la compresión relativamente baja, es posible que la broca no genere recortes fácilmente. En estas situaciones cuando se perfora con cortadores PDC se recomiendan cortadores grandes.

Las brocas PDC se desarrollaron primordialmente para perforar formaciones sedimentarias blandas, a medianas que antes se perforaban con brocas de dientes y con brocas de insertos de carburo de tungsteno. En estas formaciones blandas, las brocas PDC han logrado ratas de penetración hasta tres veces más altas que las brocas Roller cone.

El incremento de los ritmos de penetración se debe al mecanismo de corte por cizallamiento de las brocas PDC, a su más larga duración, a la resistencia de los diamantes a la abrasión y al hecho de que las brocas PDC carecen de partes móviles que puedan fallar. Las formaciones que se consideran aptas para perforarse con brocas PDC son las de tipos 1 a 7, si bien en ciertas aplicaciones pueden usar para perforar areniscas blandas (tipo 8) y algunas evaporitas (tipo 9,10 y 11). Las formaciones tipo 12 o de números más altos aún no se pueden perforar con brocas PDC.

- 1) Arcilla
- 2) Barro compacto
- 3) Marla
- 4) Evaporita
- 5) Yeso
- 6) Lutita
- 7) Limo
- 8) Arenisca
- 9) Anhidrita
- 10) Caliza

- 11) Dolomita
- 12) Conglomerado
- 13) Horsteno
- 14) Rocas Volcánicas

Hay que recordar que dentro de estas formaciones hay “subgrupos”, algunos de los cuales no se puede perforar con brocas PDC.

2.4.3. FACTORES QUE AFECTAN EL DESGASTE DE LAS BROCAS DE PERFORACIÓN

Los factores que afectan el desgaste de las brocas se puede dividir en: geológicos, operativos y de manejo y de transporte. Los dos últimos parámetros pueden ser ignorados, pero el primero debe ser bien estudiado antes de definir qué tipo de broca se va a utilizar. Esto permitirá minimizar el desgaste y determinar su rendimiento sobre las formaciones que van a ser perforadas.

2.4.3.1. Factores Geológicos

El factor más importante para la selección y operación de una broca es conocer acerca de la geología del sitio que se va a perforar, es decir, propiedades físicas de las formación.

2.4.3.1.1. *Abrasividad*

La composición de materiales abrasivos en la constitución de la roca como piritita, pedernal, magnetita, etc., son la causa del desgaste prematuro en toda la estructura de una broca. El calibre es el parámetro más afectado.

2.4.3.1.2. *Resistencia específica de la roca*

Está relacionada con la litología y los eventos geológicos que se hayan experimentado. Existen rocas que fueron confinadas a gran profundidad y que posteriormente quedaron a profundidades someras debido a levantamientos tectónicos.

La resistencia específica de la roca también depende de la cementación de los granos, tamaño y forma de los mismos.

2.4.3.2. Factores operativos

Estos factores son determinados en función de las formaciones que se van perforar y en función del tamaño del hoyo. Éstos pueden ser modificados en función del desempeño obtenido. A continuación se mencionan los principales factores operativos así como las consecuencias inherentes a una inadecuada selección.

2.4.3.2.1. Peso sobre la Broca

A medida que la broca perfora, los dientes o cortadores se desgastan, por lo que generalmente se aplica más peso. Este es recibido por los conos o por la cara de la broca. Este aumento de peso puede hacerse hasta lograr un aumento de ritmo de penetración aceptable o hasta llegar al límite prescrito en las recomendaciones de operación de la broca, caso contrario la broca tendrá un desgaste prematuro.

2.4.3.2.2. Velocidad de Rotación

La velocidad de rotación suele expresarse en términos de RPM (revoluciones por minuto). La alta velocidad de rotación, por sí sola no limita el funcionamiento de las brocas, especialmente a las brocas de diamante, ya que por su diseño pueden ser usadas con motor de fondo o turbina. En cuanto a las brocas de conos hay algunas especiales para altas velocidades de rotación; sin embargo, hay otros factores que imponen un valor práctico máximo de RPM en ciertas aplicaciones. Las causas de la limitación son la sarta de perforación y el mecanismo impulsor. Para evitar velocidades críticas debe usarse el sentido común: la velocidad de rotación más adecuada es aquella que produzca un máximo ritmo de penetración, pero sin causar problemas. En las formaciones blandas un aumento en la de la velocidad de rotación implicará un aumento proporcional del ritmo de penetración. Es posible que ocurra lo contrario en formaciones más duras debido a que los dientes o cortadores no pueden perforar la roca si se sobrepasa cierto límite de velocidad de rotación y se afecte así el desgaste de las brocas.

2.4.3.2.3. Limpieza en el fondo del Pozo

La limpieza del hoyo es otro factor que afecta el desgaste de la broca debido a que el fluido de perforación limpia el pozo al desalojar los recortes. Así se evita que la broca se embole y se deban usar otros parámetros de perforación. También se enfrían los dientes o cortadores para que permanezcan a menor

temperatura. Efectúa además las funciones de enfriamiento y lubricación de la broca y evita el daño de la misma por exceso de temperatura.

2.4.3.2.4. Geometría del hoyo

En función de la experiencia de campo, en situaciones como la desviación de un pozo, es necesario utilizar condiciones de operación no tan recomendables como el peso sobre la broca, revoluciones por minuto, el uso de sarta de navegación para aumentar, disminuir o mantener el ángulo. En casos como éstos, el desgaste prematuro de la broca es inevitable, por lo que la experiencia de campo juega un papel importante a fin de determinar el desgaste que se está ocasionando.

2.4.3.3. Manejo-transporte

Otro factor no menos importante de desgaste de las brocas es su manejo y transporte. Sin importar el tipo de broca, de conos o de diamante, debe tratarse bajo ciertos cuidados: se debe remover de su embalaje y colocarse sobre madera o alguna alfombra de caucho; nunca se debe rodar una broca sobre la cubierta metálica del piso de perforación porque en el caso de las brocas de diamante los cortadores son muy frágiles y pueden astillarse fácilmente. Si la broca se deja caer por descuido y se rompen algunos dientes o cortadores, es posible que se acorte drásticamente su duración. En este caso se deben anotar su número de serie, tipo y diámetro; revisarla en búsqueda de daños que pudieron haber ocurrido en tránsito y finalmente inspeccionar su interior para determinar si hay la presencia de objetos extraños que puedan obstruir las toberas.

2.4.4. EVALUACIÓN DEL DESGASTE DE LAS BROCAS DE PERFORACIÓN

Es el proceso que describe objetivamente el desgaste de las brocas, daños y sus ubicaciones, desgaste de los cojinetes y desgaste del área del calibre. Esta información puede ser muy importante puesto que ayuda a un buen diseño de las brocas, su selección y operación.

Hacer una calificación de la broca ayuda a:

- Tener una imagen mental de la condición de desgaste de la broca.
- Selección de la mejor broca para cada aplicación.
- Evitar fallas catastróficas mediante la identificación de las debilidades en el desempeño de la broca.

- Identificar las brocas que pueden volver a ser corridas, por cuanto tiempo y con qué resultados.
- Identificar los mejores parámetros de operación como peso, velocidad de rotación, caudal, etc.
- Mejorar el diseño de la broca.

A fin un mejor conocimiento del tipo de desgaste de las brocas y poder llevar un historial de las calificaciones de las brocas, en 1971 la Asociación Internacional de Contratistas de Perforación, o IADC, introdujeron a la industria un proceso encaminado a lograr una calificación consistente de las brocas.

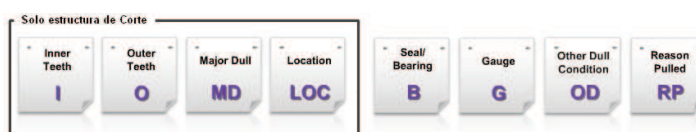
Esta calificación considera tres aspectos de la broca que son:

- Estructura de corte
- Cojinetes
- Calibre

Basado en sistema de calificación donde cero "0", es poco o desgaste nulo, y ocho "8" es desgaste total.

El sistema IADC provee un método para determinar porque una broca ha sido sacada o una corrida ha sido terminada. Éste califica la broca en las 8 partes de la Figura 2.15.

Figura 2. 15.- Sistema IADC



Donde:

I= Desgaste de la estructura de corte interna en 1/8

O= Desgaste de la estructura de corte externa en 1/8

MD= Principal condición de desgaste

LOC= Ubicación de la principal condición de desgaste

B= Condición de los sellos o de los cojinetes

G= Desgaste del Calibre

OD= Otra/s condición/es de Desgaste

RP= Razón de salida de la Broca

A continuación se explicará más detenidamente cada una de las ocho partes del sistema de calificación IADC.

2.4.4.1. Estructura de corte interna (I) y Externa (O)

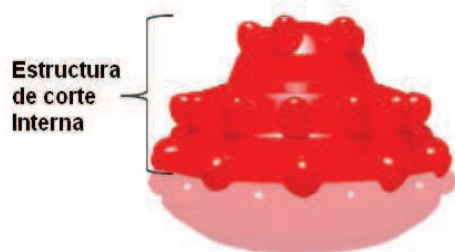
La estructura de corte interna de las brocas Roller cone es diferente que para las brocas de dientes fijos.

Para las brocas Roller Cone, la estructura de corte interna es cualquier parte de esta que no esté en contacto con el calibre (Figura 2.16. (a)).

La estructura de corte externa de las brocas Roller cone por lo tanto, son todos los cortadores de la fila que se encuentra en contacto con la pared del pozo (Figura 2.16. (b)).

Para calcular el valor del desgaste interno y externo de la broca, se debe tomar un valor promedio del desgaste de todos los cortadores de filas internas y externas respectivamente.

Figura 2. 16.- Estructura de corte de la Broca Roller Cone



(a)

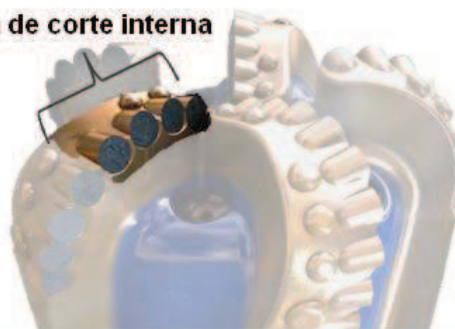


(b)

Para las brocas de dientes fijos, la estructura de corte interna está conformada por todos aquellos cortadores que se encuentran dentro de los $\frac{2}{3}$ del radio de la broca (Figura 2.17. (a)). Los cortadores de la estructura de corte externa son aquellos cortadores que se encuentran en el $\frac{1}{3}$ externo del diámetro (Figura 2.17. (b)). Al igual que en las brocas Roller Cone, se toma un valor promedio del desgaste de los cortadores correspondientes a cada sección.

Figura 2. 17.- Estructura de corte de brocas de cortadores fijos

Estructura de corte interna



(a)

Estructura de corte externa



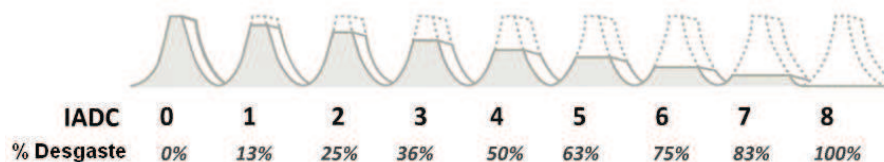
(b)

Para determinar el desgaste que ha sufrido la estructura de corte se divide a esta en 8 partes y su calificación será por lo tanto en $\frac{1}{8}$ por cada nivel de desgaste que presente esta.

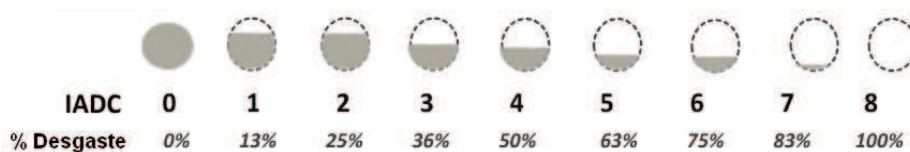
La calificación es una medida de la reducción de altura de los elementos de corte combinados, ya sea por desgaste, pérdida o ruptura de los insertos o dientes.

En la Figura 2.18., se detalla la calificación respectiva en el código IADC, correspondiente al grado de desgaste tanto para brocas Roller cone (a), así como para brocas PDC (b).

Figura 2. 18.- Calificación IADC según porcentaje de Desgaste



(a)



(b)

2.4.4.2. Principal Característica de Desgaste (MD)

La principal característica de desgaste es el desgaste más importante que se presenta en la broca, y algunas veces no es necesariamente la más obvia. Es importante saber qué condiciones de desgaste inusual son generalmente causados por parámetros operativos incorrectos y no por un error de manufactura.

Si establecemos causa y efecto, la condición principal de desgaste es la causa. Si no se puede establecer causa y efecto o la condición de desgaste no tiene relación, se debe elegir la condición que más parece afectar el desempeño de la broca.

Es en esta parte de la calificación solo se debe escribir un solo código de dos letras. Las condiciones de desgaste menores serán ingresadas en otras condiciones de desgaste (OD).

Se considera como principal característica de desgaste a la condición que se presenta con mayor porcentaje en la broca. Hay algunos tipos de características de desgaste y cada uno de ellos tiene su código, estos son:

- Cono roto (BC)

- Arrastre de Cono (CD)
- Erosión (ER)
- Cono Perdido (LC)
- Boquilla Tapada (PN)
- Auto afilado (SS)
- Lavado (WO)
- Cortadores Rotos (BC)
- Interferencia de Conos (CI)
- Crestas planas (FC)
- Boquilla Perdida (LN)
- Broca Comprimida (PB)
- Rastreo (TR)
- Anillamiento (RO)
- Broca Embolada (BU)
- Broca Coreada (CR)
- Sobrecalentamiento (HC)
- Diente Perdido (LT)
- Calibre redondeado (RG)
- Dientes Desgastados (WT)
- Falla del Pegamento (BF)
- Cono agrietado (CC)
- Diente Astillado (CT)
- Daño por chatarra (JD)
- Desgaste Excéntrico (OC)
- Daño de Pata (SD)
- No hay Daño (NO)

Para un mejor entendimiento grafico de los diferentes daños de las brocas ver el Anexo 4.

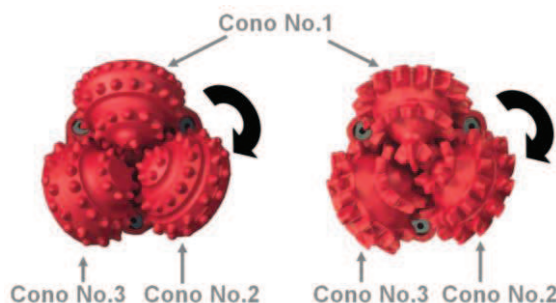
2.4.4.3. Ubicación de la principal característica de desgaste (LOC)

Es necesario conocer en que ubicación se dio el desgaste radialmente, es decir, en que aleta o cono, y conocer en que ubicación axial se dio, es decir, estructura de corte interna o externa. Se debe conocer de la manera más clara posible donde se dio la principal característica de desgaste, y ubicarla en esta parte de la calificación.

En la sección de Estructura de corte interna y externa se detalló la ubicación de las mismas tanto para brocas Roller Cone como para Brocas PDC.

Para conocer el cono en el que se encuentra la principal condición de desgaste se tiene que el cono número uno será el que tenga el sus diente o insertos más cercanos al centro de la broca. La numeración continúa en sentido de las agujas del reloj. Como se indica en la Figura 2.19.

Figura 2. 19.- Numeración de conos



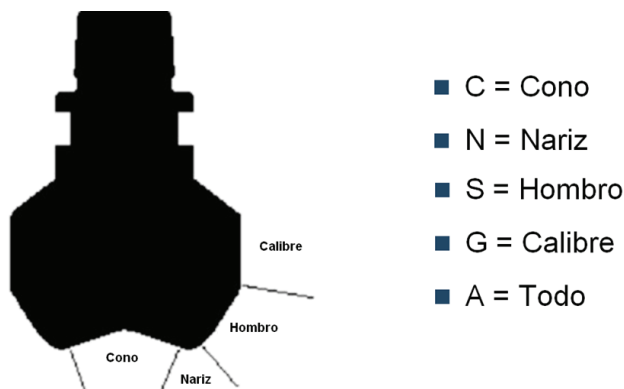
Para las brocas de dientes fijos, de igual manera se identifica las aletas “Número 1” ubicando el cortador más cercano al centro de la broca, y posteriormente se enumera las aletas en sentido horario como se indica en la Figura 2.20.

Figura 2. 20.- Numeración de aletas



Así también la broca de dientes fijos tiene varias ubicaciones tal como se detalla en la Figura 2.21. Estas ubicaciones nos van a ayudar a conocer de mejor manera como se dio el desgaste de dichos cortadores.

Figura 2. 21.- Partes de la broca de dientes fijos



2.4.4.4. Sellos y Cojinetes (B)

Esta calificación se refiere más a los sellos que a los cojinetes, puesto que si los sellos están todavía intactos, entonces los cojinetes son efectivos. Los cojinetes podrían fallar por un desgaste interno y los cojinetes seguirían efectivos por un tiempo. Para los cojinetes sin sello se califica de 1-8.

Se sigue la siguiente nomenclatura para calificar los sellos y cojinetes:

X= Para brocas de dientes Fijos

E= Los sellos están Efectivos

F= Los sellos están Fallados

N= Los sellos no pueden ser calificados

2.4.4.5. Calibre (G)

Es usada para medir el desgaste causado en el calibre de la broca. Se mide en 1/16 de pulgada y para medirlo se utiliza un anillo calibrador, el cual se lo coloca encima de la broca y si éste se sostiene, el calibre está intacto, sin embargo, cuando éste se resbala se mide la distancia existente.

Para las brocas roller cone, se ubica el anillo calibrador contra dos conos y se mide la distancia que se da entre el cono restante y el ring gauge. Se toma 2/3 de este valor y se lo coloca en la casilla.

Para las brocas de dientes fijos se coloca el anillo calibrador contra un lado de la broca y se mide el espacio entre la broca y el anillo, esta distancia se la coloca directamente en la casilla.

2.4.4.6. Otras condiciones de desgaste (OD)

Siguiendo los códigos detallados en la sección de principal condición de desgaste, se ubica en esta casilla las condiciones de desgaste secundarias presentes en la broca.

2.4.4.7. Razón de Salida (RP)

Ayuda a explicar por qué la broca fue sacada, ya sea por haber alcanzado un objetivo planeado, por un programa de equipos, o porque se muestra un desempeño cuestionable.

A continuación se presenta los códigos para describir la razón de la salida de la broca.

BHA= Cambio en el ensamblaje de fondo

CM= Condición del lodo

CP= Punto de toma de núcleos

DMF= Falla del motor de Fondo

DP= Perforación de Tapón

DTF= Falla de Herramienta de fondo

DSF= Falla de la sarta de perforación

DST= Prueba de Producción

FM= Cambio de Formación

HP= Problemas del Hoyo

HR= Horas

LOG= Corrida de Registros

LIH= Pérdida en Pozo

PP= Presión de las Bombas

PR= Rata de Penetración

TD=Profundidad total/ punto de Casing.

RIG= Mantenimiento del Taladro

TQ= Torque

TW= Desenrosque

WC= Condiciones Climáticas

WO= Lavado

2.5. FLUIDOS DE PERFORACIÓN

La perforación sería difícil y en muchos casos imposible sin la circulación de un fluido de perforación. Un fluido es cualquier sustancia que fluya, por lo tanto, un fluido de perforación puede ser un líquido, gaseoso, o una mezcla de ambos. Si se trata de un líquido, este puede ser agua, aceite o una mezcla de ambos.

Los fluidos de perforación tienen usualmente sustancias especiales llamados aditivos, para poder darle características especiales al fluido de perforación con el fin de que se facilite el proceso. Este fluido de perforación es más conocido como lodo de perforación.

Actualmente los fluidos de perforación tienen una composición compleja, los cuales se encuentran compuestos de fluidos especiales y aditivos, para poder controlar todas las dificultades que se pueden presentar en el fondo del pozo.

El diseño de estos fluidos de perforación y su composición se da acorde a las diferentes estancias en las que el pozo atraviesa. Es decir, buscan cuidar la formación y facilitar la extracción de recortes hacia superficie, así como darle una buena lubricación a la broca con el fin de enfriarla.

Para ello se realiza un programa de lodos, el cual asegura que las propiedades químicas del fluido son las más óptimas para una situación de perforación en particular.

2.5.1. FUNCIONES DEL FLUIDO DE PERFORACIÓN

El fluido de perforación es necesario debido a:

- Da limpieza al fondo del pozo:

La broca debe tener una superficie limpia, con el fin de poder continuar perforando el pozo. Si el fluido de perforación no es capaz de arrastrar los recortes que se producen por la acción de la broca sobre el fondo del pozo, el desempeño de esta se verá afectado debido a que la broca estará volviendo a perforar estos recortes disminuyendo la tasa de penetración (ROP).

Caso contrario, cuando el fluido de perforación y la hidráulica trabajan de manera apropiada. El fluido que sale a través de los jets de la broca provoca un flujo turbulento el cual levanta los recortes a medida que la broca perfora.

Estos jets son seleccionados cuidadosamente con el fin de provocar la mayor caída de presión cuando el fluido abandone la broca.

- Transporta los recortes a superficie:

Los recortes resultado de la perforación, son arrastrados por el fluido de perforación a medida que este asciende por el anular. Adicional a esto el fluido de perforación debe ser capaz de suspender los recortes, cuando se detenga la circulación.

El lodo de perforación, para ser recirculado, pasa a través del equipo de superficie, donde se remueven los cortes y otro tipo de impurezas que este contenga, con el fin de enviarlos con sus propiedades iniciales nuevamente al pozo.

El transporte de los recortes durante la perforación con un líquido depende de la velocidad anular (100-200 ft/min), viscosidad y fuerza de gel.

- Enfría y lubrica la broca y la sarta de perforación:

La combinación entre peso y fuerza aplicados sobre la roca, provoca el incremento de presión debido a la fricción que se produce entre la broca y la formación. El calor provocado afecta las brocas, en especial a los diamantes de las brocas diamantadas.

A medida que el fluido pasa a través de la broca y la sarta, minimiza este calor y por lo tanto disminuye el desgaste por calentamiento de la broca.

En otras palabras el fluido de perforación enfría y lubrica aquellas áreas donde la broca y la sarta de perforación entran en contacto con el pozo.

- Da soporte a las paredes del pozo:

Un fluido de perforación con las características apropiadas evitan el derrumbamiento o de las formaciones dentro del pozo. La fuerza de la presión provoca que la parte líquida de lodo (filtrado), ingrese a la formación una pequeña distancia y que los sólidos del lodo formen una costra impermeable en la cara de la formación.

- Previene la entrada de fluidos de formación hacia el pozo:

La presión hidrostática de la columna de líquido de perforación puede ser igual, mayor o menor que la presión de las formaciones que son perforadas.

Cuando la presión hidrostática es mayor que presión de formación, se dice que el pozo está en sobrebalance. Cuando la presión hidrostática es igual que la presión de la formación, se dice que el pozo está en balance. Y cuando la presión hidrostática es menor que la presión hidrostática el pozo se encuentra bajobalance.

Una perforación bajo balance provoca que los fluidos de la formación entre en el pozo. La entrada de fluido de perforación al pozo se llama golpe del pozo (well Kick). Si se detecta un golpe del pozo y no se da el control adecuado, se puede llegar a un reventón, que es el flujo descontrolado de fluidos de formación hacia superficie o hacia otra formación subterránea.

Tener una perforación sobre balance, provoca la fractura de la formación, la cual dependiendo su naturaleza puede provocar la pérdida de circulación.

Idealmente, se prefiere un lodo cuyo peso provoque la suficiente presión para evitar que los fluidos de perforación entren al pozo.

- Transmite el poder hidráulico al ensamblaje de fondo:

Algunas operaciones usan equipos que no son alimentados por el movimiento de la mesa rotaria o del top drive. Esto es evidente en el uso de los motores de fondo, los cuales provocan el movimiento sólo de la

broca. Estos motores tienen mecanismos internos que son activados mediante el paso del fluido de perforación a través de estos.

- Revela la presencia de petróleo, gas, o agua provenientes de una formación que está siendo perforada y que puede haberse mezclado con el fluido de circulación.

Un geólogo revisa periódicamente los recortes, con el fin de determinar que formaciones están siendo perforadas. De igual manera, los ingenieros de lodos hacen pruebas con el lodo para comprobar cuanto petróleo, agua y gas entran de la formación hacia el pozo.

- Da información acerca de la formación que está siendo perforada, por medio de los recortes que llegan a superficie.

2.5.2. TIPOS DE FLUIDOS DE PERFORACIÓN

Entre los distintos tipos de lodos tenemos:

Lodos base Aire-gas

Usando un fluido de aire, gas natural, gas inerte, o mezclas con agua se tiene una ventaja en áreas donde hay presencia de rocas duras y donde hay una menor posibilidad de encontrar grandes cantidades de agua para preparar el fluido de perforación.

- Aire seco o gas: Proporciona tasas de perforación mucho más altas que cualquier fluido de perforación conocido. Los recortes son reducidos a polvo cuando alcanzan la superficie. El transporte de los recortes depende de la velocidad anular. Este tipo de perforación está limitada por la inestabilidad de las formaciones perforadas y factores económicos.
- Espuma: Se da por la inyección de agua y agentes espumantes en una corriente de aire o gas. Esto crea una espuma estable y viscosa.
- Lodos aireados: Son formados por inyección de aire o gas en un lodo base gel. Con esto, se busca reducir la presión hidrostática con el fin de minimizar las pérdidas de circulación en zonas de baja presión y así incrementar la ROP.

Lodos base agua

- Lodos de arranque: Son usados para perforar el hueco conductor y consisten en lechadas viscosas de bentonita o atapulgita para proveer suficiente capacidad de acarreo de los recortes en huecos de un gran diámetro.
- Lodos base calcio: Son aplicables para perforar anhidritas, Lutitas derrumbables y de flujo de agua. Con este lodo de perforación se convierte las arcillas base sodio en arcillas base calcio añadiendo cal o yeso.
- Lodos polímeros no dispersos de bajo contenido de sólidos: Son mezclas de agua, bentonita y polímeros. Son muy estables a las temperatura de 400 °F y tienen excelentes propiedades de que evitan pérdida de filtrado.
- Lodos salinos: La base para estos lodos pueden ser bentonita prehidratada o atapulgita. Adicional a esto almidones o carboximetil celulosa son usados para control de pérdida de fluido. Estos lodos son usados en zonas de sal, anhidrita, yeso y secciones de lutitas.

Lodos base aceite:

- Emulsión: Contienen menos del 5% de agua y uno de sus usos principales es no contaminar la zona de pago. También han sido usados en la perforación eficiente de zonas con presencia de lutitas.
- Emulsión invertida: contiene hasta 50% de agua y está contenida dentro de una película de aceite continua. Tienen características parecidas a las emulsiones verdaderas y en ambos se requieren medidas de seguridad para la protección ambiental.

2.5.3. CARACTERÍSTICAS Y PROPIEDADES DE LOS FLUIDOS DE PERFORACIÓN

Las propiedades y características de los fluidos de perforación están íntimamente relacionadas, pero pueden ser individualmente identificadas y medidas. Cada propiedad es controlada con el fin de obtener mejores resultados.

2.5.3.1. Densidad

Se refiere al peso del fluido de perforación y es usualmente conocido como peso del lodo. Se expresa en libras por galón (ppg) o en gravedad específica (sg). Los pesos típicos de lodo van desde 8.4 hasta 16 ppg o más. Este es un factor clave en el control de las presiones de superficie.

2.5.3.2. Contenido de sólidos

Se refiere al porcentaje en volumen de materia sólida que se encuentra en el fluido de perforación. En un lodo base líquido se mide mediante destilación usando una máquina de retorta. Los líquidos son evaporados, condensados y medidos. El restante del volumen inicial es sólido.

2.5.3.3. Pérdida de fluido

Se refiere a cuán rápido la parte líquida del lodo se perderá a través de la barrera permeable, se mide por un dispositivo especial que presiona el fluido contra un papel filtro y mide qué cantidad de mililitros se recolectan en 30 minutos. La pérdida de fluido ocurre en la perforación cuando el filtrado entra a las formaciones permeables. Los sólidos de lodo de perforación que se separan del filtrado forman la costra del lodo que ayuda a controlar la pérdida de fluido.

2.5.3.4. Viscosidad

Se conoce como la resistencia de un fluido a fluir. La reología es el estudio científico de la viscosidad y ha sido enfocado para medidas y definiciones más avanzadas.

A pesar de que el medidor VG y el modelo plástico de Bingham no son avances recientes, son ampliamente entendidos y usados en la perforación.

El medidor VG mide dos aspectos de la viscosidad:

- La viscosidad plástica (PV), que es aquella parte de la resistencia al flujo debida a la fricción mecánica. Ésta se ve afectada por la concentración de sólidos, el tamaño y forma de los sólidos, y la viscosidad del líquido en el lodo.
- Yield point, es la parte de la resistencia al flujo ocasionada por fuerzas de atracción entre las partículas. La magnitud de estas fuerzas está en

función del tipo de sólidos y las cargas superficiales asociados con ellos, y la concentración de sales contenidas en el líquido.

La viscosidad necesita ser lo suficientemente alta como para arrastrar los recortes hacia la superficie y mantener el flujo apropiado por el anular, y debe ser lo suficientemente baja para prevenir el exceso de presión en el anular y permitir el paso de los cortes a superficie.

2.5.3.5. Inhibición

Es muy importante, sin embargo no puede ser medido. Un lodo inhibidor reduce la tendencia a la hidratación con arcillas reactivas en los recortes. Una alta hidratación puede provocar el embolamiento de la broca.

2.5.3.6. Dispersión

Se refiere a la tendencia de los recortes a convertirse en pedazos más pequeños durante su viaje por el anular. Esto dificulta el trabajo de los equipos de separación.

2.6. OPTIMIZACIÓN DE LA PERFORACIÓN

El concepto de optimización de la perforación fue aplicado originalmente al procedimiento de selección de la hidráulica en las brocas. Sin embargo, actualmente abarca un campo más amplio puesto que abarca la planeación, selección y propiedades del lodo, tipo de broca y condiciones de operación, así como los tipos de tubería de revestimiento y profundidades de asentamiento, y todo tipo de herramientas que se van a correr durante la perforación como herramientas direccionales, de registro, etc.

2.6.1. FACTORES QUE AFECTAN LA VELOCIDAD DE PENETRACIÓN

Las prácticas y procedimientos de planeación y perforación de un pozo están determinados, entre otros factores, por las prácticas comunes del área, experiencia y habilidad del personal así como los procedimientos y políticas de la empresa.

Así también hay una serie de factores que afectan la velocidad de perforación, y debido a que éste es un factor que tiene mayor influencia en costos, se debe tener un conocimiento de cuáles son estos factores y cómo afectan a la

perforación. Estas variables pueden ser clasificadas como variables inalterables y variables alterables.

2.6.1.1. Variables inalterables

Son aquellas que no pueden ser modificadas o cambiadas por el operador. En su mayoría son todos los factores y propiedades relacionados con la localización del pozo y las distintas formaciones.

Entre estas tenemos:

- A. Personal
 - a. Habilidad
 - b. Experiencia
 - c. Relación Empresa-Trabajador
 - d. Motivación
- B. Equipo de Perforación
 - a. Capacidad
 - b. Flexibilidad y automatización
 - c. Potencia
- C. Características de la formación
 - a. Resistencia a la compresión
 - b. Elasticidad
 - c. Tendencia al embolamiento
 - d. Permeabilidad
 - e. Contenido de fluidos
 - f. Presión de formación
 - g. Porosidad
 - h. Temperatura

2.6.1.2. Variables alterables

Son aquellas variables que pueden ser modificadas o alteradas de acuerdo a las necesidades y requerimientos de la perforación.

Éstas son:

- A. Propiedades de los fluidos.
 - a. Densidad
 - b. Viscosidad
 - c. Contenido de sólidos
 - d. Pérdida de filtrado
 - e. Contenido de aceite
- B. Hidráulica
 - a. Caudal
 - b. Potencia hidráulica
 - c. Velocidad del fluido en las toberas
- C. Broca
 - a. Tipo de broca
 - b. Desgaste de la barrena
- D. Factores mecánicos
 - a. Peso sobre la broca (WOB).
 - b. Velocidad de rotación(RPM)

2.6.2. HIDRÁULICA DE PERFORACIÓN

El término hidráulica implica el flujo de fluido de perforación a través del sistema de circulación y es un proceso altamente controlado para generar el mejor programa en general. Las principales metas de cualquier sistema hidráulico son:

- Ayudar a maximizar la velocidad de penetración.
- Enfriar la barrena.
- Llevar los recortes y desprendimientos intactos a la superficie.

- Limitar la densidad circulatoria equivalente.
- Mantener el flujo apropiado por el espacio anular.

Varios componentes del sistema hidráulico se controlan con el fin de poder estar los más cerca de estos objetivos. Los objetivos locales de perforación y las restricciones determinarán el énfasis relativo sobre cada meta y qué cambiar o controlar.

2.6.2.1. Componentes del sistema de circulación

El sistema de circulación (Figura 2.22.) proporciona los equipos, materiales y áreas de trabajo necesarios para la preparación, el mantenimiento y la verificación de las características físicas de las propiedades de los fluidos de perforación.

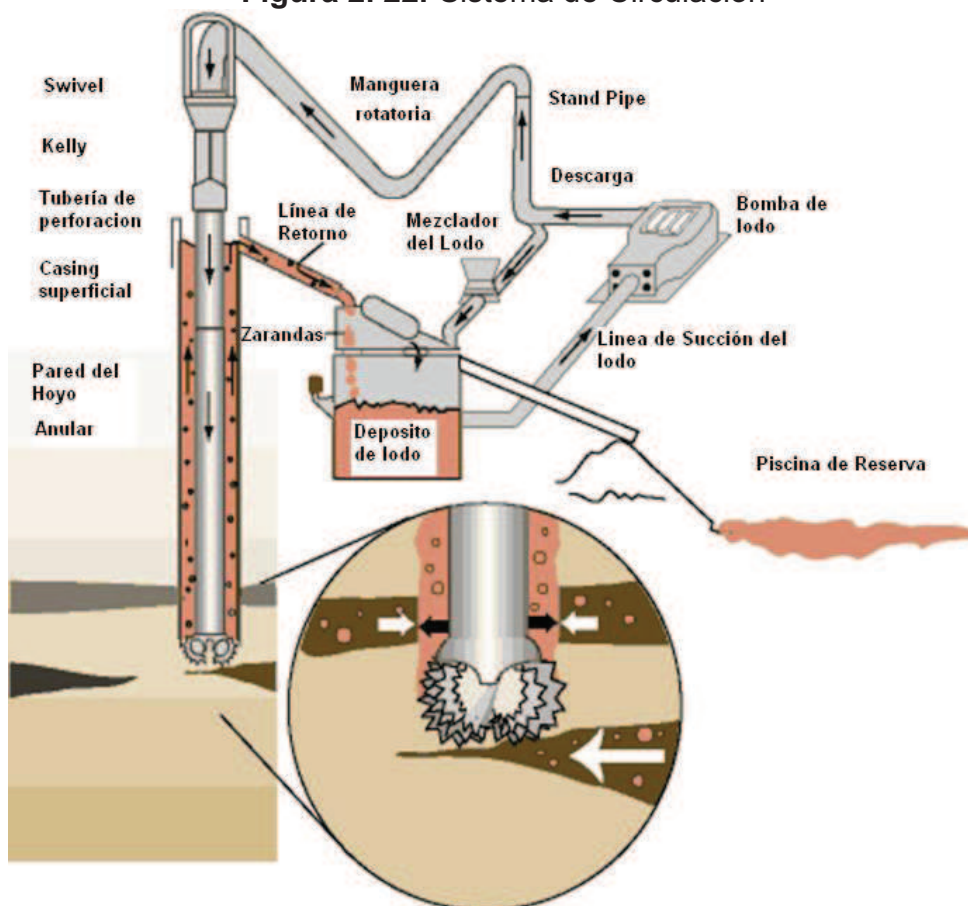
Las funciones del sistema circulatorio son:

- Preparar el fluido.
- Darle tratamiento al lodo a su retorno a superficie.
- Mantener limpio el fluido.
- Tratar químicamente.
- Bombear el fluido al pozo.

Las partes del sistema circulatorio son:

- Área de preparación del lodo
- Equipos de circulación
- Área de reacondicionamiento del lodo
- Fluido de perforación

Figura 2. 22.-Sistema de Circulación



A continuación se da una breve explicación de cada uno de las partes del sistema circulatorio

2.6.2.1.1. Área de preparación del lodo

La circulación de los fluidos comienza en el área de preparación inicial de los lodos. Aquí se mantiene o se altera la composición química según los requerimientos de la perforación. Los componentes de este sistema son:

- Tanques de agua.- Recipientes para almacenar el agua empleada en esta área.
- Depósitos para aditivos secos a granel.- Estos depósitos grandes facilitan el manejo de los aditivos, como la arcilla o los sólidos para aumentar la densidad del lodo, tales como: barita y bentonita, los cuales se emplean en enormes cantidades.
- Depósito de materiales ensacados para el lodo.- Este depósito es una caseta encerrada donde se almacenan ordenadamente los sacos de aditivos secos;

normalmente se encuentra junto a los tanques de succión y los depósitos grandes para materiales a granel.

- Equipos mezcladores.- Se utiliza la tolva mezcladora para agregar los aditivos a los fluidos de perforación. El barril se usa para añadir los productos químicos que los fluidos requieren.
- Tambor de mezcla de químicos.- Es donde se mezcla ciertas sustancias químicas que se dejan gotear dentro del sistema de lodo activo.
- Tanques de acero de succión.- Estos recipientes se usan para almacenar lodo limpio que es succionado por la bomba.

2.6.2.1.2. Equipo de Circulación

Los equipos de circulación, transportan físicamente los fluidos de perforación desde el área de preparación, a través del hueco perforado hasta el área de reacondicionamiento, desde donde son enviados nuevamente al área de preparación para poder re-circularlos en forma continua.

- Bombas de lodo.- Son elementos mecánicos muy poderosos que físicamente impulsan los fluidos de perforación limpios de los tanques de succión, a través del sistema de circulación, superando la fricción de la sarta de perforación.
- Líneas de descarga y retorno.- Estas líneas de conexión transportan los fluidos de perforación hasta el pozo (descarga) y luego los transfieren al área de reacondicionamiento (retorno).
- Stand Pipe o Tubo parado y manguera rotatoria de lodos.- El lodo asciende por el stand pipe hasta aproximadamente la mitad de la torre de perforación y pasa a través de la manguera rotaria, la cual conecta el tubo vertical fijo a la unión giratoria (Swivel), así permitiendo el movimiento vertical.
- El lodo atraviesa por el swivel y el kelly que transmite el momento de torsión de la mesa rotaria.
- El lodo pierde alrededor de 1/3 de su presión para superar las pérdidas por fricción. Cuando baja por la sarta de perforación, sale a alta presión por los jets de la broca, limpiándola y recogiendo los cortes; utiliza casi los 2/3 restantes de su presión al iniciar el viaje de regreso a la superficie,

arrastrando consigo los fragmentos de roca por el espacio anular comprendido entre la tubería de perforación y las paredes del hueco.

2.6.2.1.3. Área de Acondicionamiento

El área de reacondicionamiento se encuentra cerca del taladro. Aquí se limpian los fluidos después de ser recuperados del pozo.

- Piscina de lodo.- Es una fosa grande en tierra para guardar desechos provenientes del hueco perforado o para guardar los aditivos de la locación sobrantes.
- Tanques de acero de asentamiento.- Se usan para almacenar los fluidos de perforación durante su reacondicionamiento, nunca se lo agita para permitir que los sólidos se asienten en el fondo.
- Separador de gases.- Este aparato remueve cantidades cuantiosas de gases arrastrados que han contenido los fluidos de perforación.
- Zaranda o mesa vibratoria.- Está formada por mallas metálicas con una determinada inclinación y un motor que produce un movimiento vibratorio que ayuda a la separación de los cortes de formación o ripios grandes de los fluidos de perforación.
- Trampa para arena.- Es colocada debajo de la zaranda vibratoria debido a la cantidad de partículas finas que se separa del lodo.
- Desgasificador.- Es utilizado para remover el gas en solución, se instala después de la mesa vibratoria, posteriormente el gas es quemado en una mecha.
- Desarenador.- Este aparato se usa para remover los sólidos coloidales de los fluidos de perforación.
- Deslimador.- El deslimador remueve hasta las partículas de formación más pequeñas de los fluidos de perforación.

2.6.2.2. Limitaciones del sistema de circulación

De las muchas piezas de los equipos del sistema de circulación, la bomba es la principal restricción al sistema de flujo hidráulico y el de presiones. El equipo de superficie y la sarta son las principales restricciones reduciendo el flujo antes que

éste alcance la broca. La Figura 2.22., muestra el flujo de fluido de perforación a través del sistema.

2.6.2.2.1. Entrada de Caballaje (IHP)

Para mover la bomba de lodo se requiere una fuente de poder, que es típicamente un motor a diesel. Hay límites en el tamaño del motor y, desde luego, en el máximo de energía que puede entregarse a la bomba. Adicionalmente, hay un mínimo de velocidad a la cual el motor es capaz de marchar sin carga. La velocidad de marcha sin carga determina la menor velocidad posible de la bomba en un taladro.

2.6.2.2.2. La Bomba

Hay varios estilos y tamaños de bombas en el mercado. Todas ellas sirven para el mismo propósito y tienen parámetros de operación similares. Las emboladas (recorrido) y el tamaño de la camisa pueden cambiarse para variar la salida del flujo de fluido.

2.6.2.2.3. Rendimiento

El fluido que fluye de la bomba tiene un caudal de circulación, Q, comúnmente expresada en galones por minuto, GPM, y la presión que se expresa en libras por pulgada cuadrada, psi.

En el espacio anular, usualmente nos preocupa la velocidad del fluido expresada en pies por minuto. El sistema de presión resultará importante cuando se discuta de hidráulica de la broca. La velocidad es más crítica mientras el fluido fluye por el espacio anular. La velocidad anular (AV) debe ser lo suficiente alta para limpiar el hoyo.

La velocidad anular AV puede calcularse como sigue:

$$VA = \frac{24,51 * Q}{D_h^2 - D_p^2}$$

Dónde:

Dh = diámetro del hoyo, in

Dp = Diámetro externo de la tubería de perforación, in

Q= caudal, gpm

2.6.2.2.4. *Equipo de Superficie y Sarta*

El flujo y la velocidad de la bomba son necesarios para limpiar el hoyo y la presión es necesaria en la broca para limpiar su cara y el fondo del hoyo. Sin embargo, la presión se pierde debido a la fricción dentro de las mangueras, tubería, drill collars y otros equipos de superficie y en el espacio anular. La pérdida de presión es un elemento importante en el cálculo de la hidráulica de la broca.

Para el cálculo de las pérdidas en superficie y en la sarta ocuparemos las fórmulas que siguen a continuación.

2.6.2.3. Hidráulica anular

Tres de los principales objetivos del sistema hidráulico son logrados en el espacio anular. Estos son: la limpieza del hoyo, limitar la densidad de circulación equivalente y mantenimiento del flujo anular propio.

2.6.2.3.1. *Limpiar el Hoyo*

Para aumentar la limpieza del hoyo, podemos aumentar la velocidad anular y el punto de cedencia, o ambos. Hacemos esto para:

- No limitar la velocidad de penetración
- Evitar atrapamiento de la tubería
- Reducir el torque de la sarta

2.6.2.3.2. *Límite de la Densidad Equivalente de Circulación (ECD)*

ECD es la combinación de la pérdida de presión por fricción del espacio anular más la presión hidrostática expresada en términos de peso de lodo. Es una relación entre la fricción en el espacio anular, presión hidrostática y densidad.

Para reducir la ECD, necesitamos reducir la velocidad anular, el punto de cedencia o ambos. Hacemos esto para prevenir una fractura o erosión de las paredes de la formación durante la perforación.

Cuando la ECD excede la resistencia de la formación, la formación puede fracturarse y todo el lodo penetrar en ella. La pérdida total de circulación detiene las operaciones de perforación y requiere drásticas medidas para formar una capa de sólidos en la pared del hoyo.

2.6.2.3.3. *Mantener el Flujo Apropiado*

La presión es necesaria para mover los fluidos de perforación a través del equipo de superficie y la sarta de perforación. El patrón de flujo apropiado, turbulento o laminar, depende de todos los factores de perforación correspondientes a cada operación de perforación.

En el flujo laminar, todas las partículas de fluido se mueven en la misma dirección paralela. El flujo laminar es comúnmente usado para prevenir erosiones en el hoyo, especialmente cuando se perfora formaciones muy blandas.

El flujo turbulento mezcla las direcciones y varía la velocidad o caudal. El flujo turbulento tiende a erosionar los lados del espacio anular, pero puede usarse para maximizar la limpieza en formaciones donde la erosión no es un problema.

El punto en el cual el flujo laminar cambia a flujo turbulento es llamado velocidad crítica. El flujo transitorio es cuando el patrón de flujo se mantiene cerca de la velocidad crítica y resulta una combinación de flujos laminar y turbulento.

Para lograr el flujo laminar del flujo turbulento, se puede disminuir la velocidad anular mientras se mantiene el punto de cedencia o se mantiene la velocidad anular y se aumenta el punto de cedencia.

2.6.2.3.4. *Compromisos*

Es usualmente imposible reunir todos los objetivos hidráulicos a nivel ideal. Para aumentar nuestro éxito en un objetivo, a menudo tenemos que sacrificar éxito en otros aspectos. Dos de los principales compromisos que se hacen en la tasa de flujo en el equipo envuelve la tasa de flujo y el punto de cedencia.

Tabla 2.2: Resumen de las relaciones entre los objetivos, acciones o resultados

Objetivos	Acciones	Por qué
Aumentar Limpieza del hoyo	Velocidad anular ↑ o YP ↓	Sin límite ROP
Disminuye ECD	Velocidad anular ↓ o YP ↓	Prevenir Fractura de Formación
Mantener Velocidad Crítica	Velocidad anular ↓ o YP ↔ O Velocidad Anular ↔ o YP ↑	Prevenir Erosión del Hoyo

Fuente: Drilling Fluids and Hydraulics

2.6.2.4. Hidráulica general de las brocas

Dos de los objetivos hidráulicos se logran aquí:

- Máxima rata de penetración (ROP) mediante la limpieza de recortes de la cara de la broca y el fondo del pozo
- La prolongación de la vida de la broca por óptimo enfriamiento.

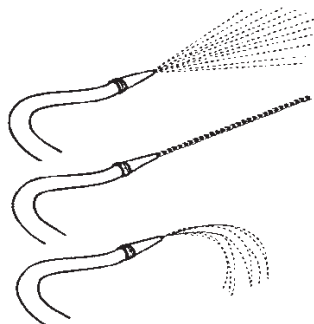
El flujo de fluido de perforación debajo del centro de la tubería de perforación es restringido en la broca. Esto es igual al efecto de una boquilla regular de manguera de jardín.

La presión del sistema local es suministrada por la torre de agua y sólo puede variarse por el aumento o la disminución de la altura de ella. La presión en el equipo es suministrada por la bomba de lodo y puede ser variada por el cambio de la camisa del pistón.

Hay una pérdida de presión por las conexiones y otros accesorios de la tubería en la torre de agua, conducciones, mangueras, similar a la pérdida de presión del equipo de superficie y sarta de perforación en el taladro.

Cuando la manguera de un jardín está completamente cerrada no hay flujo de agua. Si se necesita hacer una limpieza como remover la mugre del lado del coche u hojas de árbol del canal, se abre la boquilla. Cuando se abre poco, se produce algo de flujo y cierta capacidad de limpieza. Mientras la boquilla se continúa abriendo, el flujo se hace más estable y mejor la limpieza que puede conseguirse. Finalmente, si se abre la boquilla demasiado, el agua fluye generosamente al jardín. La Figura 2.23., muestra la relación entre la capacidad de limpieza y el caudal.

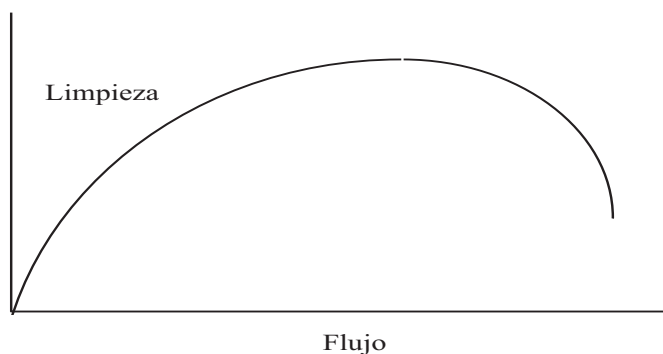
Figura 2. 23.- Chorro de la boquilla



La misma relación se establece en el taladro. Una mayor tasa de flujo es buena hasta cierto punto. Pero el máximo flujo puede no ser el mejor o el óptimo. Nuestra meta es “limpiar” lo mejor posible, no usar tanto fluido como podamos.

Si la fuente de agua de la manguera de un jardín cambia a una torre diferente cuando está en uso, el pico de la curva en la Figura 2.24., ascenderá o descenderá (una torre más alta producirá un pico más alto).

Figura 2. 24.- Grafica Flujo vs Limpieza



2.6.2.4.1. Área de Flujo Total (TFA) o Área de Boquilla (A_n)

El flujo de fluido se estrecha en la broca convirtiendo la alta presión y baja velocidad dentro de la sarta de perforación en alta velocidad debajo de la broca. Esto se logra de diferente manera en las brocas de PDC y en la Roller Cone, que en las de diamante natural o termalmente estables (TSP).

2.6.2.4.2. Boquillas de la broca

Las brocas PDC y las de Roller Cone usan boquillas para controlar el flujo del fluido de perforación. La broca PDC puede usar más de tres boquillas y tanto las brocas Roller Cone como las Brocas PDC tienen un amplio rango de tamaños. Las boquillas intercambiables en el campo, ofrecen un programa hidráulico localmente controlable. Por ejemplo, el tamaño de las boquillas puede determinarse hasta en el momento en que la broca se instala en la sarta. El área de flujo de las brocas con boquilla es simplemente la suma del área circular de todas las boquillas y es expresada en pulgadas cuadradas. La fórmula es:

$$A_n = 0.000767(d_1^2 + d_2^2)$$

Dónde:

d_2 = diámetro del orificio de la boquilla en 32^{avos} de pulgada.

La Tabla 2.3., nos da el TFA para un determinado número de boquillas de un determinado tamaño.

Las brocas de cortadores de diamante natural y termalmente estables (TSP) usan una configuración boquillas fijas y deben ser especificadas cuando se ordenan las brocas y no pueden ser modificadas una vez que la broca es moldeada en la fábrica.

Tabla 2.3: Tabla del Área total de Flujo

Total Flow Area (TFA) - Square Inches										
Nozzle Size (in)	Number of Nozzles									
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
7/32	0,038	0,075	0,113	0,150	0,188	0,225	0,263	0,301	0,338	0,376
8/32	0,049	0,098	0,147	0,196	0,245	0,295	0,344	0,393	0,442	0,491
9/32	0,062	0,124	0,186	0,248	0,311	0,373	0,435	0,497	0,559	0,621
10/32	0,077	0,153	0,230	0,307	0,383	0,460	0,537	0,614	0,690	0,767
11/32	0,093	0,186	0,278	0,371	0,464	0,557	0,650	0,742	0,835	0,928
12/32	0,110	0,221	0,331	0,442	0,552	0,663	0,773	0,884	0,994	1,104
13/32	0,130	0,259	0,389	0,518	0,648	0,778	0,907	1,037	1,167	1,296
14/32	0,150	0,301	0,451	0,601	0,752	0,902	1,052	1,203	1,353	1,503
15/32	0,173	0,345	0,518	0,690	0,863	1,035	1,208	1,381	1,553	1,726
16/32	0,196	0,393	0,589	0,785	0,982	1,178	1,374	1,571	1,767	1,963
18/32	0,248	0,497	0,745	0,994	1,242	1,491	1,739	1,988	2,236	2,485
20/32	0,307	0,614	0,920	1,227	1,534	1,841	2,148	2,454	2,761	3,068
22/32	0,371	0,742	1,114	1,485	1,856	2,227	2,598	2,970	3,341	3,712
24/32	0,442	0,884	1,325	1,767	2,209	2,651	3,092	3,534	3,976	4,418

Fuente: Manual de brocas PDC Reedhycalog

2.6.2.4.3. *Caída de Presión de la Broca (ΔP_b)*

La presión en un sistema de perforación se pierde en tres lugares:

- Los equipos de superficie y la sarta de perforación
- En las boquillas o en la cara de la broca
- En el espacio anular

La pérdida de presión es una función directa al caudal, área de la boquilla y peso del lodo. Y se calcula de la siguiente manera:

$$\Delta P_b = \frac{Q^2 * \rho}{10858 * A_n^2}$$

Dónde:

Q = Tasa de flujo, GPM

ρ = Peso del lodo, ppg

A_n = área de la boquilla, in²

2.6.2.4.4. *Fuerza de impacto (IF) y caballaje hidráulico de la broca (BHHP)*

La fuerza de impacto es definida como la tasa de cambio de fuerza del fluido a través de la broca, en función de densidad del fluido, caudal y velocidad en la boquilla.

Su fórmula se describe como indica la formula a continuación:

$$I_f = 0.00516\rho * Q * V\eta$$

Dónde:

I_f = Fuerza de impacto, lbs

ρ = densidad del fluido, lpg

Q = caudal, gpm

$V\eta$ = Velocidad del chorro, pies/seg

El caballaje hidráulico de la broca es la tasa a la cual el fluido trabaja en el área específica de flujo de la broca, en el orificio de la boquilla o en el punto de control TFA.

La distinción entre fuerza y energía no es significativa. El caballaje hidráulico es el concepto comúnmente usado para la optimización hidráulica.

El caballaje hidráulico de entrada del motor a diesel se convierte en caudal y presión en la bomba de lodo. Alguna de esta fuerza es reconvertida en caballaje hidráulico de salida en la broca. El resto es consumido como pérdidas de fricción.

La fórmula para calcular el caballaje hidráulico en la broca es la caída de presión de la broca por la tasa de flujo dividida por la constante 1714, o:

$$BHHP = \frac{\Delta P_b * Q}{1714}$$

Donde:

ΔP_b = caída de presión en la broca, psi

Q= Caudal, gpm

La Figura 2.25., muestra que la relación entre la tasa de flujo y los BHHP es similar a la relación discutida anteriormente sobre la limpieza con una manguera.

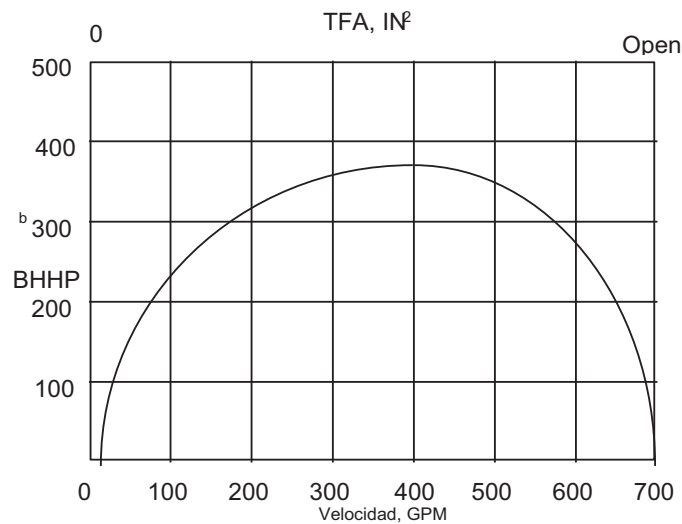


Figura 2. 25.- BHHP vs Q

2.6.2.4.5. Caballaje Hidráulico por Pulgada Cuadrada (HSI)

El caballaje hidráulico varía considerablemente dependiendo del diámetro de la broca. Para una comparación más fácil, (BHHP) se convierte en HSI.

El cálculo divide BHHP por el área del diámetro del fondo del pozo, o:

$$HSI = \frac{BHHP}{0.785 * D_b^2}$$

Donde:

D_b = diámetro de la broca, in.

BHHP= Caballaje hidráulico, HP

A continuación tenemos las ecuaciones y nomenclatura usada en los cálculos hidráulicos.

- Área total de flujo:

$$A_n = 0.000767(d_1^2 + d_2^2)$$

- Velocidad Anular:

$$V_{EA} = \frac{24.5Q}{D_h^2 - D_p^2}$$

- Pérdida de presión en equipos de superficie:

$$\Delta P_{ES} = C * \rho * \left(\frac{Q}{100}\right)^{1.86}$$

Donde:

Tipo de equipo	C
Taladro pequeño (>5000 ft TD)	1
5000-10000 ft TD	0.36
10000-15000 TD	0.22
Taladro Grande > 15000 ft TD	0.15

- Pérdidas de presión en la tubería y anular

$$\Delta P = \frac{f * V^2 * \rho * L}{25.8 * D * f}$$

- Pérdida de presión en la broca

$$\Delta P_b = \frac{\rho_f * Q^2}{10303 * (A\eta)^2}$$

- Velocidad del chorro

$$V\eta = \frac{0.32086 * Q}{A\eta}$$

- Fuerza de impacto del Chorro

$$I_f = 0.000516\rho * Q * V\eta$$

- Poder hidráulico del sistema

$$HHP = \frac{P * Q}{1714}$$

- Caballaje hidráulico en la broca:

$$BHHP = \frac{\Delta P_b * Q}{1714}$$

- Caballaje hidráulico por pulgada cuadrada.

$$HSI = \frac{BHHP}{0.785 * D_b^2}$$

Dónde:

Q= caudal, gpm

Db=diámetro de la broca, in

Dh=Diámetro del hoyo, in

Dp= diámetro de la tubería O.D., in

V= Velocidad Anular, ft/min

ρ = Peso del Lodo, lb/gal

C= Factor de fricción

P=Presión, psi

L= Longitud, ft

A η = Area de las boquillas, in²

ΔP = Caída de presión, psi

V η = Velocidad del Chorro, ft/seg

I η = Fuerza de impacto del Chorro, Lb η

HHP= Poder hidráulico, HP

d= Diámetro interno de la tubería, in

BHHP= Poder hidráulico, HP

HSI=Poder Hidráulico por pulgada cuadrada, lb/in²

2.6.2.5. Interacción

El objetivo primario de un programa hidráulico es optimizar cada uno de las variables del sistema: la velocidad de la bomba, la presión de la bomba, la

viscosidad del lodo y las boquillas o área total de flujo. Estos controlarán el caudal, incluyendo la velocidad anular, y el trabajo hecho en la broca. La optimización no debe confundirse con maximización. Como veremos más adelante, el máximo HSI puede no siempre ser la solución óptima.

Tabla 2.4: Presión vs. Flujo

Tasa Flujo, gpm	Tubería Diámetro Hidráulico, pulgs	Longitud Tubería, ft	Peso Lodo, ppg	Presión Por Pulgada Cuadrada, psi
400	3.83.	1000	10	67
800 (2X)	3.83	1000	10	244 (4X)
400	4.28	1000	10	38
400	3.83	2000 (2X)	10	134 (2X)
400	3.83	1000	12 (+20%)	80 (+20%)

La Tabla 2.4., muestra cómo la presión del sistema es afectada por las variaciones de la tasa de flujo, el diámetro y el largo de la tubería y el peso del lodo. Note que el duplicar la tasa de flujo aumenta cuatro veces la pérdida de presión de la tubería. Esto consume más caballos de fuerza, los cuales no estarán entonces disponibles en la broca para limpieza y enfriamiento.

Si una suficiente tasa de flujo y el caballaje no pueden ser logrados, no se debe recomendar una broca de cortadores fijos.

Después que la corrida ha comenzado, podemos aumentar el HSI incrementando la velocidad de bomba (spm), pero esto incrementará la presión de bomba. Podemos aumentar la presión de bomba sólo al máximo permitido por el cliente.

2.6.2.6. Consideraciones de Turbina o motores de desplazamiento positivo (PDM)

Las turbinas y motores de desplazamiento positivo son utilizados por los clientes para perforar con o sin la rotación de la tubería para control direccional y para obtener más altas revoluciones (RPM) y velocidad de penetración.

Cuando se usan turbinas y motores de desplazamiento positivo se afecta la hidráulica. Las propiedades del fluido y la presión descargada por la broca crean una fuerza hidráulica hacia abajo llamada bombeo sin fuerza. El peso de la broca crea una fuerza hacia arriba. Las turbinas y los motores de desplazamiento positivo requieren presión de bombas para accionar el rotor. Los rodamientos

lubricados por el lodo requieren de 5 a 20 por ciento de la tasa de fluido para enfriar y lubricar los rodamientos de empuje. El balance de los rodamientos es especialmente importante si la fuerza de bombas es demasiado alta, esto puede causar erosión de los rodamientos o daños.

Si es demasiado, entonces puede haber enfriamiento y lubricación e insuficiente, o deformación de los rodamientos que absorben la carga de fondo.

Los requisitos de una turbina en particular o PDM requieren ser considerados cuando se prepara un programa hidráulico. Las consideraciones importantes son:

- Las turbinas y PDM requieren de una presión adicional en la bomba.
- Las turbinas y PDM deben operar dentro de un rango específico de tasa de flujo y rango de caída de presión de la broca.
- Los rodamientos lubricados por el lodo desvían de la broca del 5 al 20 por ciento del total de flujo.
- Los rodamientos lubricados por aceite no desvían flujo de la broca.
- Se debe consultar las especificaciones de las herramientas del fabricante para requisitos específicos.

2.6.2.7. Medición al perforar (MWD)

La herramienta MWD impone sus propias restricciones, las que deben también ser consideradas cuando se prepara un programa hidráulico. Las consideraciones importantes son:

- Requisitos de presión adicional de la bomba
- Específicas restricciones de la tasa de flujo
- Una pequeña porción del fluido de perforación puede ser desviada de la broca
- Algunas operan sólo en una banda específica de rotaciones (RPM)
- Se debe consultar las especificaciones de la herramienta provistas por el fabricante para requisitos específicos.

2.6.3. OPTIMIZACIÓN DE LA HIDRÁULICA DE PERFORACIÓN PARA BROCAS

En la perforación de pozos, la hidráulica de la broca requiere cumplir con los objetivos de mejorar la eficiencia de la broca y proveer un eficiente acarreo de recortes de la formación a la superficie. El cálculo hidráulico define el diámetro óptimo de boquillas de la broca, con el cual se obtendrá la potencia hidráulica de flujo de fluido de perforación que promueva la óptima remoción de recortes, incrementando así la velocidad a la que la broca penetra en la formación (ROP), y a su vez la vida útil de la broca.

Un sistema hidráulico, como se indicó previamente, está formado por: equipo superficial tubería de perforación, broca y espacio anular. Las bombas de lodos, el tubo vertical y la manguera rotatoria son algunos de los principales elementos que conforman el equipo superficial del sistema de circulación.

2.6.3.1. Métodos de optimización de hidráulica

Los métodos de optimización de hidráulica consisten en determinar la caída de presión en la broca de tal forma que la energía generada por el equipo de bombeo en superficie sea transmitida óptimamente hasta el fondo del pozo para su correcta limpieza. Esta caída de presión óptima es obtenida determinando el tamaño de las boquillas en la broca. Los dos métodos de optimización aceptados y comúnmente utilizados son:

1. Máxima potencia hidráulica en la broca
2. Máxima fuerza de impacto del chorro de lodo en el fondo del pozo.

2.6.3.1.1. Máxima potencia hidráulica en la broca

Este modelo asume que la velocidad de penetración de la broca puede incrementarse con la potencia hidráulica ya que los recortes son removidos tan rápido como se generan. El criterio aplicado en este método de optimización consiste en calcular el diámetro de las boquillas óptimo para alcanzar la máxima potencia hidráulica. La máxima potencia hidráulica se obtiene cuando las pérdidas de presión en la broca equivalen al 64% de la presión máxima disponible en superficie.

2.6.3.1.2. Máxima fuerza de impacto del chorro en el fondo del pozo.

Este modelo considera que la remoción de los recorte depende de la fuerza con que el lodo impacta contra el fondo del pozo. En términos generales este método considera que la pérdida de presión de la broca debe ser el 47% de la presión disponible en superficie.

Para cada campo se realizará un cálculo de las presiones que se deberían disponer en superficie para aplicar los modelos. Sin embargo, también se ha realizado un cálculo recomendando el diámetro de las boquillas adecuado acorde a las presiones reales que se disponen en los distintos taladros en superficie.

Un verdadero programa de optimización hidráulica balancea los siguientes requisitos:

- Máxima velocidad de penetración
- Adecuada limpieza del hoyo
- Integridad del pozo
- No pérdida de fluido en la formación

El ajuste de los parámetros para maximizar la velocidad de penetración de las brocas de cortadores fijo, o las de conos móviles plantean la elección entre maximizar la tasa de flujo a expensas del caballaje hidráulico o maximizar el caballaje hidráulico a expensas de la tasa de flujo. La elección de qué parámetro maximizar depende de los factores siguientes:

- Tipo de broca
- Tipo de lodo
- Tipo de roca
- Resistencia de la roca
- Características de la roca

2.6.3.2. Optimización de hidráulicas para brocas Roller Cone

La hidráulica de las brocas de conos móviles o roller cone generalmente se optimiza maximizando el caballaje hidráulico, aunque hay casos donde la maximización de la tasa de flujo obtiene mejores resultados.

2.6.3.2.1. Maximización del Caballaje Hidráulico

Para satisfacer los requisitos de limpieza del hoyo, la integridad del pozo y la no pérdida de flujo, caudal para las brocas de conos móviles debe estar dentro de los límites:

30 – 50 gpm por pulgada de diámetro de la broca

Con la tasa de flujo en el rango indicado, el tamaño de la boquilla se calcula para dar 65% de pérdida presión del sistema en la boca. Esto maximizará el caballaje hidráulico. La tasa de flujo debe ser tan alta como sea posible sin exceder la presión vertical límite de la tubería.

2.6.3.2.2. Maximización de la Tasa de Flujo

Las aplicaciones de brocas de conos móviles que requieren máxima tasa de flujo en vez de caballaje hidráulico son:

- Formaciones blandas donde se espera una alta velocidad de penetración
- Hoyos de gran diámetro ($> 12 \frac{1}{4}$ ") donde se usan brocas de acero o de insertos

2.6.3.2.3. Cincelado de Fondo

El cincelado de fondo es un fenómeno causado cuando la presión es mayor encima de una partícula de la formación que debajo de ella. Esto puede ocurrir con la acción de trituración y giro de las brocas Roller cone cuando el sobre balance del fluido de perforación es demasiado alto.

2.6.3.3. Optimización de hidráulicas para brocas de cortadores fijos

2.6.3.3.1. Brocas de PDC

La optimización de la hidráulica de las brocas PDC es grandemente influenciada por el tipo de lodo, a base de agua o a base de aceite. El enfoque a la optimización hidráulica es diferente en cada caso.

Lodo a Base de Aceite

Es casi universalmente aceptado que en aplicaciones con lodo base aceite la velocidad de penetración de las brocas de PDC varía con la tasa de flujo.

La tasa de flujo es, por tanto, el parámetro a maximizar para brocas PDC usadas con lodos a base de aceite.

El valor máximo para la tasa de flujo se registrará por uno o más de los parámetros siguientes:

- Permanencia dentro del límite de presión de Stand Pipe.
- Mantenimiento de un valor HSI de entre 1.5 –2. El alto fin de este rango debe ser usado en formaciones de lutitas blandas, arcillas y calizas
- Mantenimiento de una apropiada velocidad anular para satisfacer los requisitos de limpieza del hoyo

Lodos a Base de Agua

Los lodos a base de agua no pueden limpiar las brocas PDC tan efectivamente como los lodos base de aceite. Éstos demandan un diferente enfoque para la optimización de la hidráulica. En formaciones de lutitas/arcillas duras (arcillitas) y calizas se requiere un nivel más alto de fuerza hidráulica (H.S.I.) para lograr un nivel aceptable de limpieza eficiente. En las más blandas de estas formaciones, la optimización para maximizar la velocidad de penetración se logra utilizando un H.S.I. de alrededor de 5 y maximizando el caudal hasta el máximo de presión permitida alcanzada en el Stand Pipe.

2.6.3.3.2. Brocas de Diamante Natural y Termalmente Estables (TSP)

Para perforar la mayoría de las formaciones medias así como las medias duras, los elementos de diamante natural y termalmente estables (TSP) son los más aplicables. Estas formaciones responden mejor al incremento de caballaje mecánico. No requieren una tasa de flujo tan alta como la requerida en rocas más blandas, porque el volumen de recortes a remover es sustancialmente menor que en las formaciones más blandas.

En formaciones media, medio duras y duras, la broca se convierte en el criterio limitante al seleccionar los parámetros hidráulicos. Los elementos de corte de diamantes naturales y termalmente estables (TSP) son significativamente más pequeños que los elementos PDC. El espacio entre la cara de la broca y la formación es tan pequeño que la velocidad del fluido se vuelve extremo que removerá los elementos de corte de la broca si se usa demasiada tasa de flujo y caída de presión (y el HSI correspondiente).

Los conductos de fluidos o boquillas fijas para brocas de diamantes naturales y termalmente estables (TSP) son de diseños radiales o cruzados. Los diseños radiales estilizan la manera en que el fluido sale de la broca. El diseño cruzado fuerza al flujo a pasar sobre los cojinetes para alcanzar las áreas colectoras de baja presión. Como resultado, cada uno de estos diseños de boquillas fijas requiere diferentes parámetros hidráulicos.

Los diseños de flujo radial permiten altas tasas de flujo y alta caída de presión sobre la broca porque el volumen de flujo y la turbulencia son dirigidas hacia abajo, directamente hacia las vías de salida en las ranuras de alivio. Por lo tanto, los elementos de corte no son tan propensos a ser erosionados por el flujo.

El flujo cruzado estimula al flujo a pasar por los soportes que contienen los elementos de corte, sometiendo así a los elementos de corte a la erosión. La caída de presión de la broca causa turbulencia, la cual, a su vez, causa aumento del daño por erosión. De manera que, el HSI y la caída de presión de la broca están típicamente disminuyendo a medida que la dureza de la formación aumenta de media a dura. Esto también explica por qué la broca de cortadores fijos de boquillas fijas usan más bajo HSI y ΔP_b que las de conos móviles.

Estas tendencias deben ser usadas como guías, a menos que la reacción de las formaciones locales pruebe que se actúe de otra manera.

Las formaciones de igual dureza pueden reaccionar de manera diferente debido a sus tipos y características. Se han logrado desempeños exitosos usando un amplio rango de tasas de flujo y combinaciones de HSI.

2.6.4. ECUACIONES UTILIZADAS PARA LA OPTIMIZACIÓN DE HIDRÁULICA

- Determinación del caudal de flujo

$$Q_i = 40 * D_b$$

Donde:

Q=caudal de flujo, gal/min

Db=diámetro de la broca, pulgadas.

- Cálculo de la velocidad del fluido

$$Vt = \frac{0.408 * Qi}{DI^2}$$

$$Va = \frac{0.408 * Qi}{Dh^2 - DE^2}$$

Dónde:

Vt= velocidad de fluido en la tubería de perforación, pies/seg

Va= velocidad del fluido en el espacio anular, pies/seg

DI= diámetro interno de la tubería, pulgadas

DE= diámetro externo de la tubería, pulgadas.

Dh= diámetro del hueco, pulgadas.

- Cálculo del número del Reynolds:

$$NRet = \frac{15.46 * DI * Vt_{min} * \rho}{\mu}$$

$$NRea = \frac{15.46 * (Dh - DE) * Va_{min} * \rho}{\mu}$$

Donde:

NRep= Número de Reynolds para el flujo dentro de la tubería

NRea= Número de Reynolds para el flujo en el espacio anular

ρ = Densidad del fluido, lbs/gal

μ = viscosidad, cP

- Cálculo del factor de Fricción

$$f = 10^{[0.0117 * (\log(NRe))^2 - 0.3148 * NRe - 0.9837]}$$

Dónde:

f= es el factor de fricción adimensional

- Cálculo de pérdida de presión en la tubería de perforación y el espacio anular.

$$\Delta P = \frac{f * V^2 * \rho * L}{25.8 * Def}$$

Dónde:

ΔP = pérdida de presión, psi

L= longitud de la tubería o el espacio anular según corresponda, pies

Def= diámetro efectivo de flujo de la tubería o espacio anular según corresponda.

- Presión disponible en la broca

$$P_b = P_{smax} - \Delta Pt$$

Dónde:

Pb= presión disponible en la broca, psi

Psmax= presión disponible en superficie, psi

ΔPt = pérdidas de presión parasitas en la sarta de perforación, psi

- Caudal optimo en la broca

$$Q_{opt} = \left(\frac{\Delta Pt}{P_{smax}} \right)^{\frac{1}{1.75}} Q_i$$

Dónde:

Qopt= Caudal óptimo en la broca, gal/min

- Cálculo del área óptima de los jets

$$A_j = \sqrt{\frac{\rho * Q_{opt}^2}{10835.75 * P_b}}$$

Dónde:

Aj= es el área optima de flujo de las boquillas, pulgadas²

- Cálculo del diámetro de las boquillas en 32avos

$$Dt = 32 \sqrt{\frac{A_j}{0.7854 * N}}$$

Dónde:

Dt= diámetro de las boquillas en 32avos

N= número de boquillas a emplear o disponibles en la broca

CAPITULO 3

ANÁLISIS TÉCNICO DE LAS HIDRÁULICAS DE LAS BOCAS

3.1. ANÁLISIS DE LAS HIDRÁULICAS DEL CAMPO AUCA.

Las brocas ReedHycalog de NOV Downhole del Ecuador, han perforado en el Campo Auca los pozos Auca Sur 17D, Auca Sur 9D y Auca Sur 8D, por lo que el estudio de las hidráulica se realizará con la información obtenida de dichos pozos, en cada sección.

Los pozos perforados, el tipo y la profundidad se detallan en la Tabla 3.1.

Tabla 3.1:Pozos Perforados en Auca

Pozo	Tipo	Profundidad (pies)	Taladro
Auca Sur 17D	J	11100	Sinopec 188
Auca Sur 8D	S	11040	Sinopec 188
Auca Sur 9D	S	10610	Sinopec 188

Elaborado por: Jonnathan Fabara

Debido a que la mayoría de pozos perforados por Brocas Reedhycalog en el Campo Auca son tipo “S”, solo se tomará en consideración estos pozos para el análisis correspondiente a las diferentes secciones a ser analizadas.

3.1.1. SECCIÓN DE 16”

3.1.1.1. Sumario de la sección de 16 de los pozos perforados en el Campo Auca

Para la perforación de la sección de 16” en el Campo Auca, se ha utilizado una Broca PDC cuerpo de acero de 5 aletas y cortadores de 19mm, con IADC S423 a fin de perforar el Terciario indiferenciado, compuesto principalmente por arcilla y arena, y Orteguzza, compuesto por intercalaciones de lutita y arena.

A continuación se da una descripción de la perforación de la sección de 16” para cada uno de los pozos puestos en análisis.

3.1.1.1.1. Auca Sur 8D

Desde 223 pies hasta 6660 pies MD (Formaciones: Terciario Indiferenciado, Orteguaza)

Construye hasta 31.19°, mantiene tangente a 29.9° y tumba hasta 3.98°

Se perforaron 6437 pies de las formaciones Terciario Indiferenciado y Orteguaza con 1 sola broca PDC cuerpo de acero de 5 aletas y cortadores de 19 mm, en 2 corridas con una ROP neta de 108.3 pph.

- Corrida No.1

Se inicia perforando con parámetros controlados para luego ir incrementando el caudal hasta llegar a 960 pies. Se ha tenido buen desempeño, en rotación con una ROP de 195 pph y con picos de 480 pph. Mientras que deslizando la ROP ha llegado a 63 pph, no se puede deslizar más rápido por problemas con las bombas. Se tiene una variación de 200 psi de interferencia en las herramientas de medición, debido a esto se demora más la toma de surveys. Una vez alcanzado la inclinación de 29.94° a 2223 pies se trata de mantener la tangente pero el BHA tiende a tumbar y llega hasta 28.85, motivo por el cual se decide realizar cambio de BHA.

La broca sale mayormente sin desgaste en la estructura de corte interna, salvo por 3 cortadores con mínimo desgaste. En la estructura de corte externa la mayoría de cortadores se presenta sin desgaste, sin embargo en el calibre y hombro se observa varios cortadores entre astillados y levemente rotos. La almohadilla del calibre se encuentra con leve desgaste. La broca está en calibre. Se observa el motor con wash out de aproximadamente 2 cm.

Calificación IADC de Salida: 0 - 1 - CT – G/S - X - I – BT – HR

- Corrida No. 2

Se abre el TFA a 1.086 para evitar el exceso de presión. Por momentos hay variación de 200 psi durante la perforación. Desde el inicio, la presión aumenta drásticamente de 2500 de la corrida anterior a 3000 psi usando el mismo caudal de 950 gpm y abriendo el TFA. Al final de la corrida se tiene 3400 psi con 820 gpm. Perfora Terciario Indiferenciado y Orteguaza un total 3497 pies.

El desempeño se vio afectado por el daño y cambio constante de bombas, especialmente deslizando ya que se pierde señal y tool face. Además se da un malfuncionamiento del malacate lo cual no permite mantener una ROP constante. El torque alcanzó su límite, intentando parar así la rotaria por lo que no se puede usar 400 psi de diferencial para avanzar mejor. Se realiza varias correcciones para mantener la tangente. A 5158 pies se realiza trabajo direccional para tumbar ángulo. Se presenta cierta dificultad al iniciar a deslizar sin embargo luego mejora alcanzando ROP de 23pph deslizando y 133 pph rotando.

La broca sale mayormente sin desgaste en la parte interna, salvo por varios cortadores con mínimo desgaste por astillamiento y 2 perdidos. En el área externa, en la mayoría de cortadores se presenta astillamiento, delaminado, varios cortadores rotos en todas las áreas y 3 cortadores perdidos en el hombro. Se observa erosión en las aletas 1,2,3. La almohadilla del calibre se encuentra con leve desgaste. La broca está 1/16" fuera calibre.

Calificación IADC de Salida: 1 - 3 - CT – A - X - 1 – LT/BT – TD

3.1.1.1.2. Auca Sur 9D

Desde 258 pies hasta 6220 pies MD (Formaciones: Terciario Indiferenciado, Orteguaza)

Construye hasta 15.5°, mantiene tangente alrededor de 15° y tumba hasta 0.91°

Se perfora toda la sección de 16" con una sola broca PDC alcanzando un intervalo de 5,962 pies con ROP neto 132.3 pph.

Se inicia perforando con parámetros controlados para luego ir incrementando el caudal hasta llegar a 950 pies. Se tiene ROP en rotación de 185 pph, con picos de 350 pph. Mientras que deslizando la ROP llega a 36 pph. No se puede deslizar más rápido por problemas con las bombas, y en ciertas paradas por presencia de colgamiento en especial desde 4662 pies. Se realizó poco trabajo direccional con KOP a 996 pies y se construye hasta alcanzar los 15° según plan. Se trabajó con un diferencial de 400 psi obteniendo una mejor ROP. Se ve afectado el desempeño debido al constante daño de bombas. Una vez alcanzado la inclinación de 15° a 1961 pies se trató de mantener la tangente pero el BHA tiende a tumbar y girar, por lo que se ha tenido que hacer correcciones. Desde 4667 pies se tumba ángulo hasta conseguir los 0.91°, se presenta colgamiento al

deslizar. A partir de 6000 pies hasta el final de la corrida se observa un incremento del torque hasta 20 klbs*pies por lo que se bombea píldora dispersa. A partir de 3800 pies se observa un exceso de presión de más o menos 550 psi llegando hasta 700 psi al final de la corrida.

La broca sale con desgaste por astillamiento y delaminación en todas sus áreas, mayormente en hombro y calibre. Presenta 1 cortador roto en el hombro, 1 cortador en el calibre. Se observa erosión en la soldadura de los cortadores de área del cono y hombro en todas las aletas, así como en la parte posterior de las aletas 1, 2, 4, y en la parte interna de la aleta 1. La almohadilla del calibre se encuentra con desgaste. La broca está en calibre.

Calificación IADC de Salida 1 – 1 – CT – A – X – I – BT – TD.

En la Tabla 3.2., se resumen las corridas de las brocas para la sección de 16” para los pozos en análisis.

Tabla 3.2: Tabla Resumen de corridas de 16" en el Campo Auca

Pozo	TFA	Intervalo	Hrs. Net.	ROP Net	Motor	Incl. Salida	Incl. Max	Formaciones	Litología	Calificación
Auca Sur 8D	0.982	2,940	21.1	139.1	9 5/8" WTF LE 6/7, 5.0 stg, 0.12 rev/gal, Bend 1.5°	29.02	31.72	Terciario Indiferenciado	Arcilla, Arena	0-1-CT-G/S-E-I-BT-HR
Auca Sur 8D	1.086	3,497	38.3	91.4	9 5/8" WTF LE 7/8, 5.7 stg, 0.12 rev/gal, Bend 1.5°	3.98	31.19	Terciario Indiferenciado, Orteguaza	Arcilla, Arena, Lutita	1-3-CT-A-X-1-LT/BT-TD
Auca Sur 9D	1.086	5,962	45.1	132.3	9 5/8" WTF LE 6/7, 5.0 stg, 0.12 rev/gal, Bend 1.5°	0.91	15.5	Terciario Indiferenciado, Orteguaza	Arcilla, Limolita, arenisca, Lutita	1-1-CT-A-X-I-BT-TD

Elaborado por: Jonnathan Fabara

3.1.1.2. Análisis de la hidráulica sección de 16"

Para el análisis de la hidráulica utilizada en los pozos AUCA SUR 8D y AUCA SUR 9D, se graficará los parámetros utilizados durante la perforación contra profundidad, tales como: área total de Flujo (TFA), peso sobre la broca (WOB), revoluciones por minuto en Superficie (RPM), Caudal (FLOW), presión (PRESION). También se graficarán los parámetros hidráulicos obtenidos durante la perforación tales como caída de presión en la broca (ΔP_b), poder hidráulico en la cara de la broca (HSI), Fuerza de impacto del Chorro (IF). Se incluirá también las gráficas de Torque (TORQUE) y severidad del cambio en la inclinación y dirección del pozo (DLS). Finalmente se grafica la velocidad de penetración de la broca (ROP).

Todas estas gráficas serán analizadas con el fin de identificar cuáles son los factores que afectan a la perforación y poder determinar si la hidráulica utilizada ha afectado el desempeño de la broca.

Para realizar las gráficas correspondientes a los pozos perforados en el Campo Auca, Auca Sur 8D y Auca Sur 9D, se tomaron datos de los tallys de perforación y se revisaron reportes diarios. Para las gráficas de parámetros Hidráulicos se utilizó las formulas correspondientes a HSI, IF y ΔP_b explicados previamente en el Capítulo 2. Los datos utilizados para las gráficas se encuentran en el Anexo 5 para todos los pozos a ser analizados tanto en Auca como en Drago. En el Anexo 6 se encuentran los datos direccionales utilizados para las gráficas de DLS.

En Grafica 3.1 se puede observar la variación en la sección de 16 pulgadas, debido al cambio de TFA efectuado en el pozo Auca Sur 8D, el cual se varió desde 0.981 a 1.086 in² a los 3200 pies. El cambio en el TFA de la broca se debe a que no se debe exceder la presión en superficie motivo por el cual se aumenta el TFA para así evitar el exceso de presión. Por otro lado en el pozo Auca Sur 9D se usa un TFA para toda la corrida de 1.086 in².

Con respecto al caudal ocupado, se puede observar en la Grafica 3.2 que se ocupa un caudal muy similar para ambos pozos, el cual inicia con un valor aproximado de 600 gpm y después se incrementa a 960 gpm, desde los 1200 pies y disminuye hasta un valor cercano a 830 gpm desde los 4600 pies hasta los 6200 pies.

Con respecto al HSI, Grafica 3.3, podemos observar que debido a que se tiene un valor parecido de caudal, las curvas de HSI se comportan de igual manera. Sin embargo a los 800 pies se puede diferenciar valores en las curvas de ambos pozos, donde el valor de Auca Sur 8D tiende a ser mayor aproximadamente por 0.3 HP/in^2 del valor de Auca Sur 9D que tiene un valor de 2 HP/in^2 . A los 3200 pies los valores de HSI para ambos pozos disminuyen hasta los 4600 pies y tienden a ser iguales con un valor de 1.8 HP/in^2 .

De similar forma, el valor de la fuerza de impacto del chorro es muy similar para ambos pozos. Este comienza con un valor de 500 lbs para después llegar a los 1450 lbs aproximadamente a los 1200 pies, valor que se mantiene hasta los 4000 pies, después de los cuales, disminuye paulatinamente hasta los 6200 pies llegando a un valor de 1100 lbs. Esto lo podemos observar en la Grafica 3.4.

Con respecto al trabajo direccional realizado en ambos pozos, podemos observar en la Grafica 3.5 que en el pozo Auca Sur 8D se observa una considerable variación del DLS, llegando a un valor máximo de 2.8 grados a los 500 pies y conservando estos valores durante los siguientes 1500 pies, después de los cuales adquiere valores entre 0.2 y 1.8 grados hasta los 5050 pies después de los cuales se refleja un incremento hasta el final de la corrida. De igual forma se puede observar para el pozo Auca Sur 8D que se incrementa el valor del DLS durante los primeros 1800 pies hasta llegar a un valor aproximadamente de 1.8 a los 2000 pies, después de lo cual disminuye aproximadamente a 0.5 grados por 2600 pies donde vuelve a aumentar su valor entre 0.8 y 1.3 grados en los últimos pies de la corrida. Estos valores se deben a que en esta sección se construye y tumba ángulo para dar la el perfil tipo S de los mismos.

Con respecto al peso aplicado sobre la broca, Grafica 3.6, podemos observar que para el pozo Auca Sur 9D presenta valores mayores durante toda la sección, llegando a una diferencia de 5 klbs durante los primeros 3000 pies y alcanzando una diferencia de 10 klbs a 15 klbs hasta los 4800 pies donde el WOB del pozo Auca Sur 8D mantiene un valor aproximado de 22 klbs. Durante los últimos pies de las corridas se presenta una variación de WOB que va

desde los 15 hasta 35 klbs para el pozo Auca Sur 9D y entre 10 y 25 klbs para el pozo Auca Sur 8D.

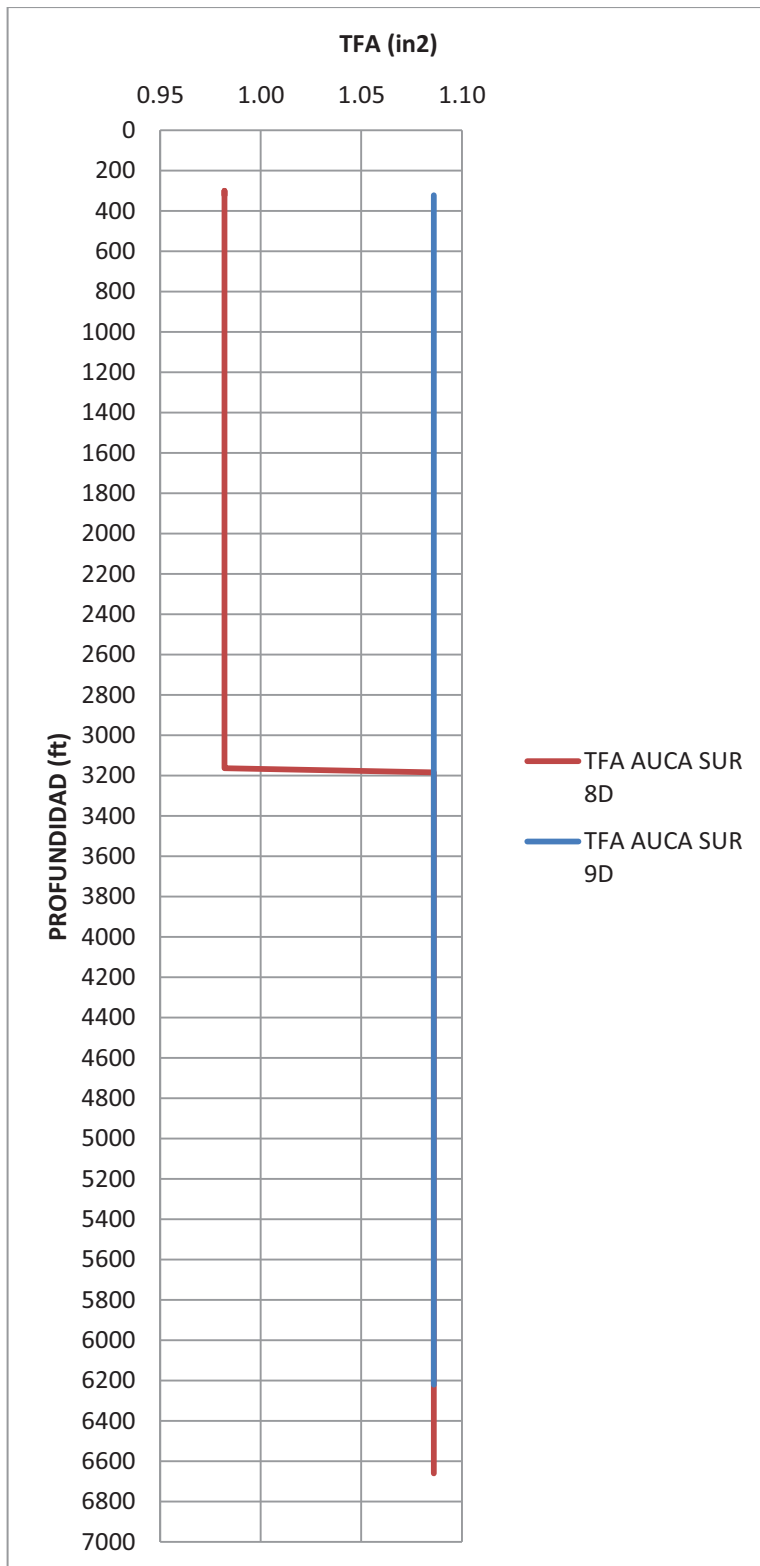
La caída de presión en la broca es mucho mayor en el pozo Auca Sur 8D que en el pozo Auca sur 9D (Grafica 3.7) desde los 900 hasta 3200 pies. Esto se debe a que durante esta profundidad en el pozo Auca Sur 8D un TFA más cerrado se utiliza, motivo por el cual se da una mayor caída de presión en la broca llegando a ser 830 psi durante este intervalo mientras que en el pozo Auca Sur 9D alcanza los 720 psi. Después de los 3200 pies para ambos pozos llegan a alcanzar valores similares que disminuye desde los 780 psi hasta 580 psi al finalizar la corrida.

De forma similar se puede observar en la Grafica 3.8, que hasta la profundidad de 3200 pies se tiene un valor menor de presión para el pozo Auca Sur 8D que para el pozo Auca Sur 9D siendo aproximadamente 2200 y 2900 psi respectivamente. Con respecto al Torque generado en la broca se puede observar en la Grafica 3.9, que varía desde 2 y llega a 16 klbs* pies al final de la corrida.

Cabe recalcar que la tendencia de las RPM usadas en ambos pozos es prácticamente el mismo, por lo cual no puede ser un factor predominante o que afecte a la perforación en la sección de 16". Se trabaja con 60 RPM con el fin de que la broca trabaje de forma correcta sobre el fondo del pozo.

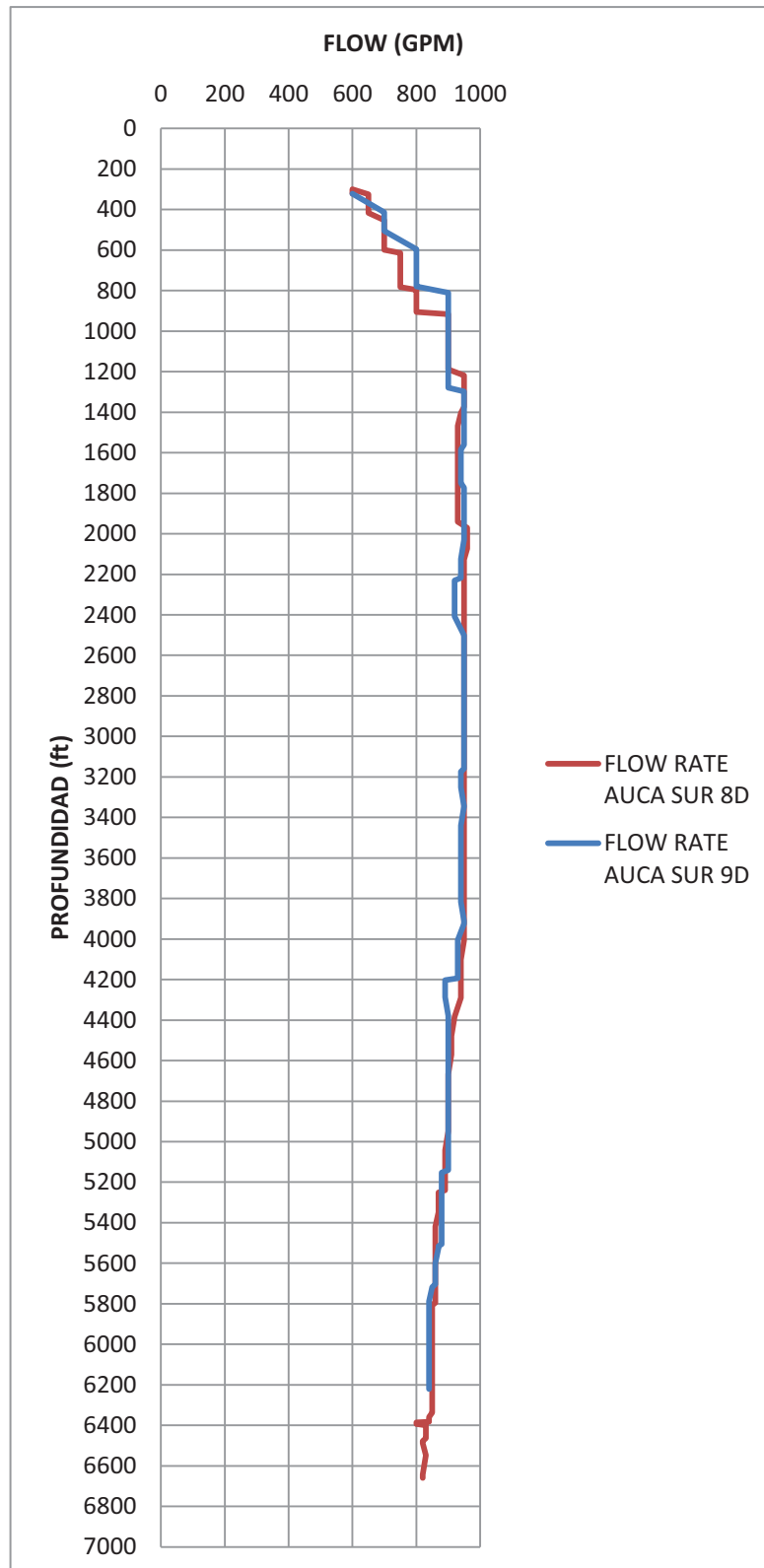
Debido a que no hay una diferencia significativa en los valores mostrados no se puede afirmar que para la sección de 16" en el Campo Auca se tiene un mayor avance teniendo un TFA cerrado, más bien el peso sobre la broca es el que marca con mayor fuerza el avance de la broca en esta sección.

Gráfica 3.1: Sección 16” Campo Auca: TFA VS PROFUNDIDAD

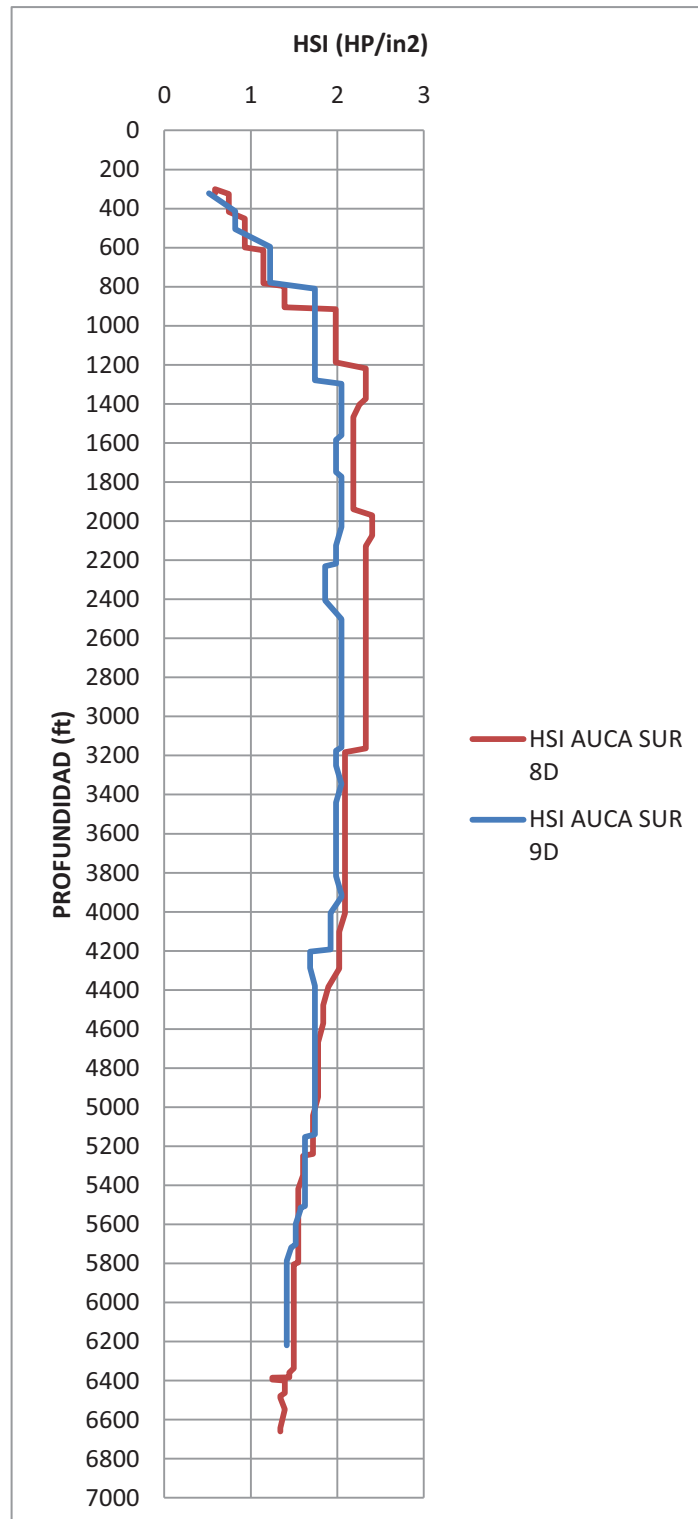


Elaborado por: Jonnathan Fabara

Gráfica 3.2: Sección 16” Campo Auca: Caudal vs. Profundidad

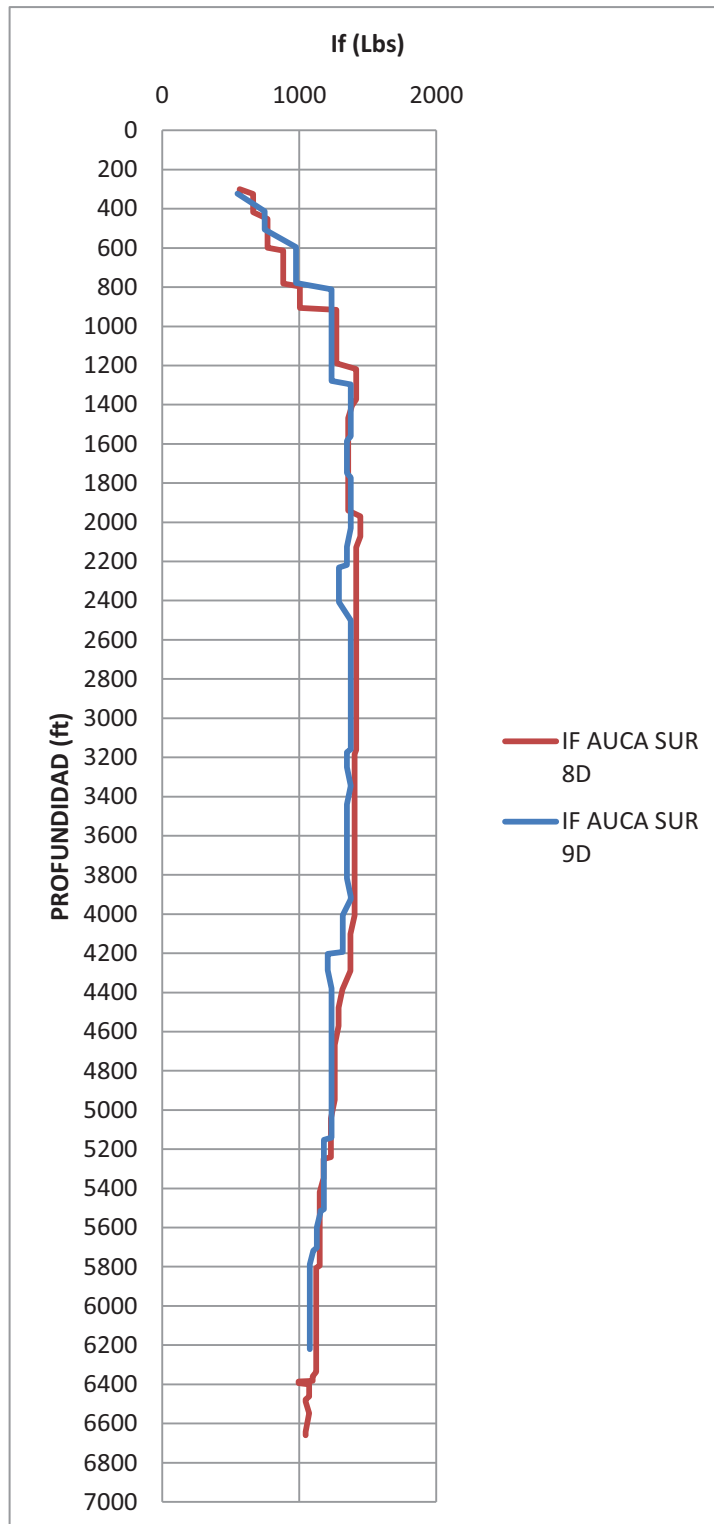


Elaborado por: Jonnathan Fabara

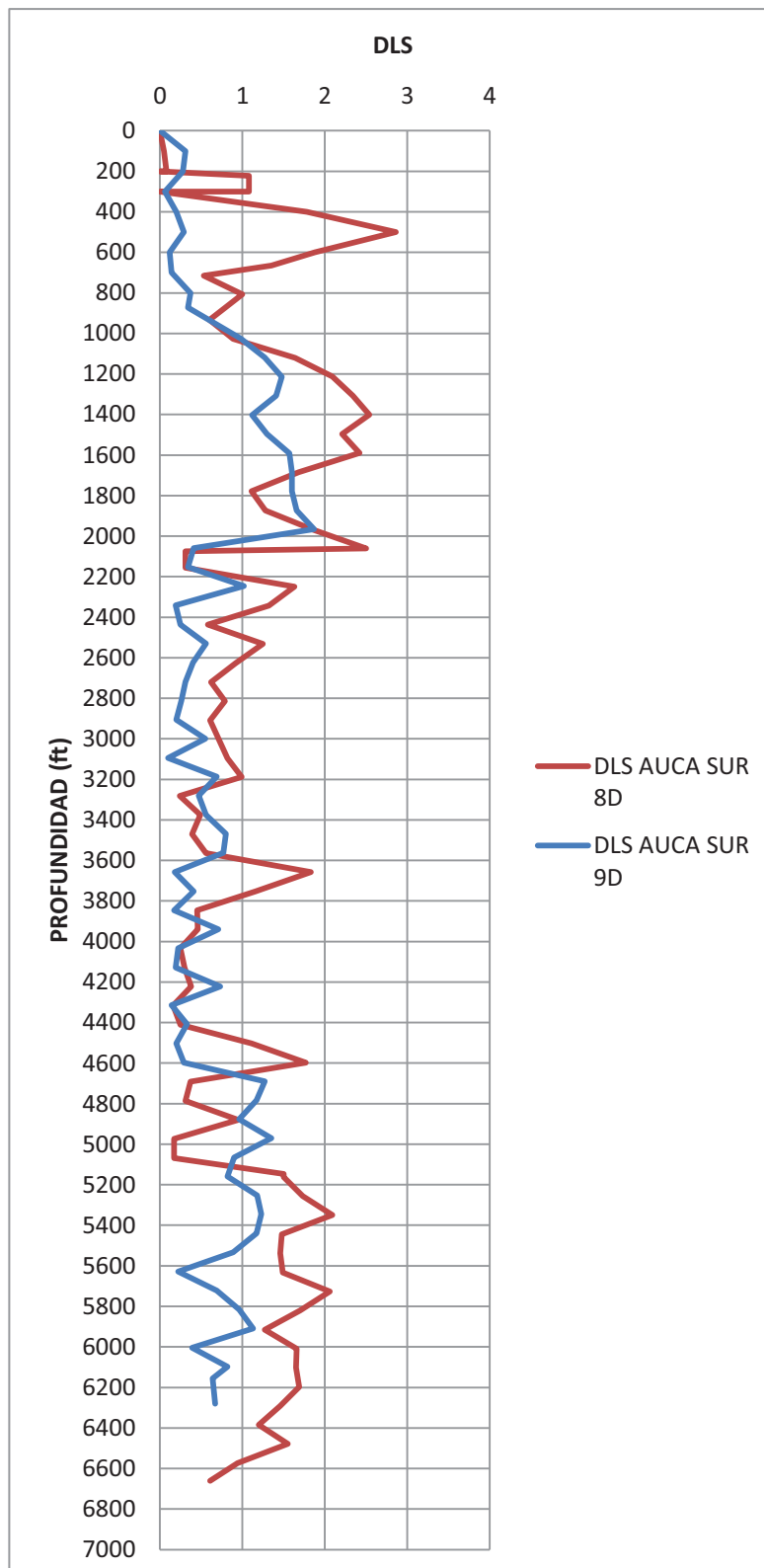
Gráfica 3.3: Sección 16" Campo Auca: HSI vs Profundidad

Elaborado por: Jonnathan Fabara

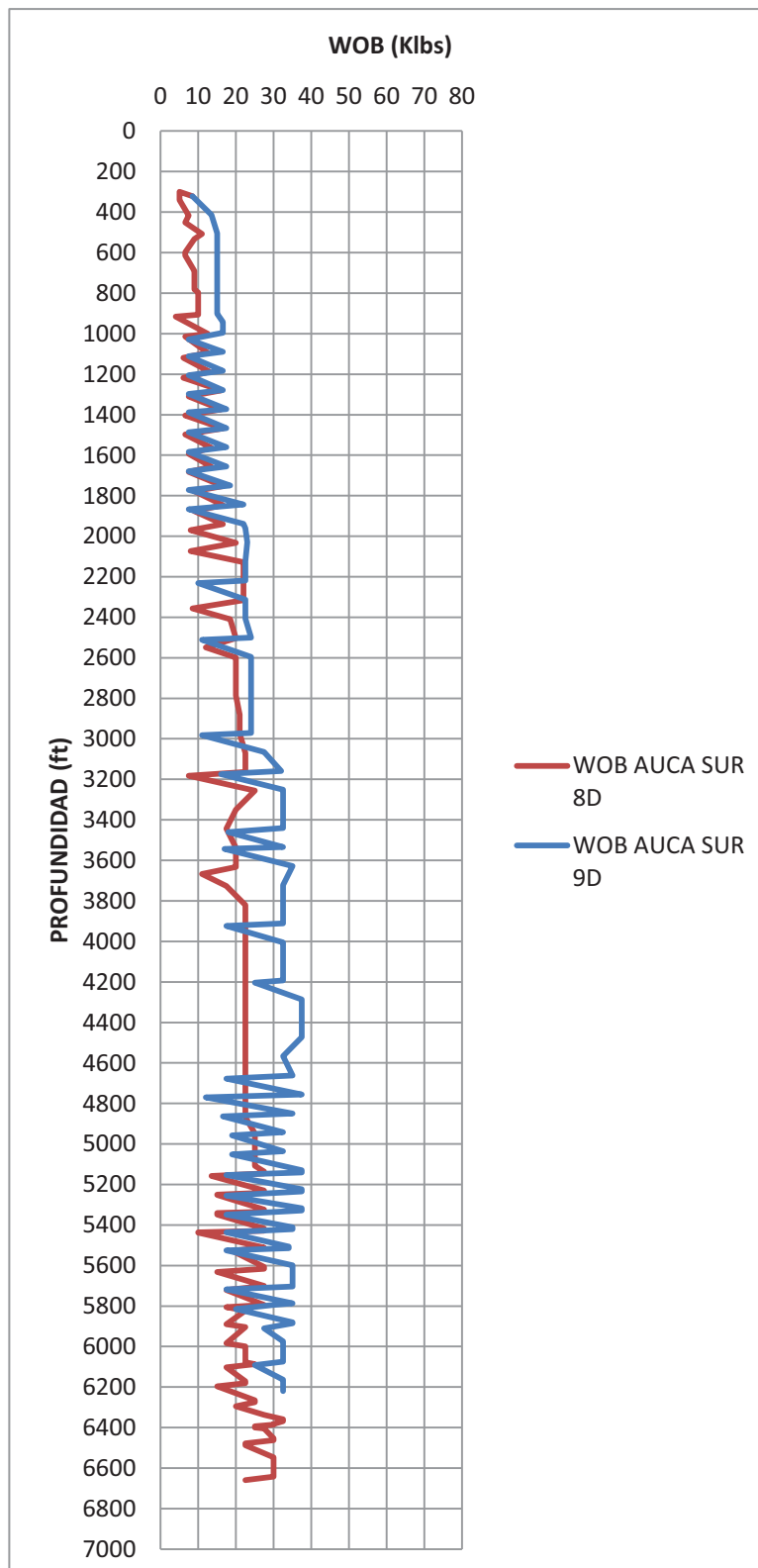
Gráfica 3.4: Sección 16" Campo Auca: Jet Impact Force vs Profundidad



Elaborado por: Jonnathan Fabara

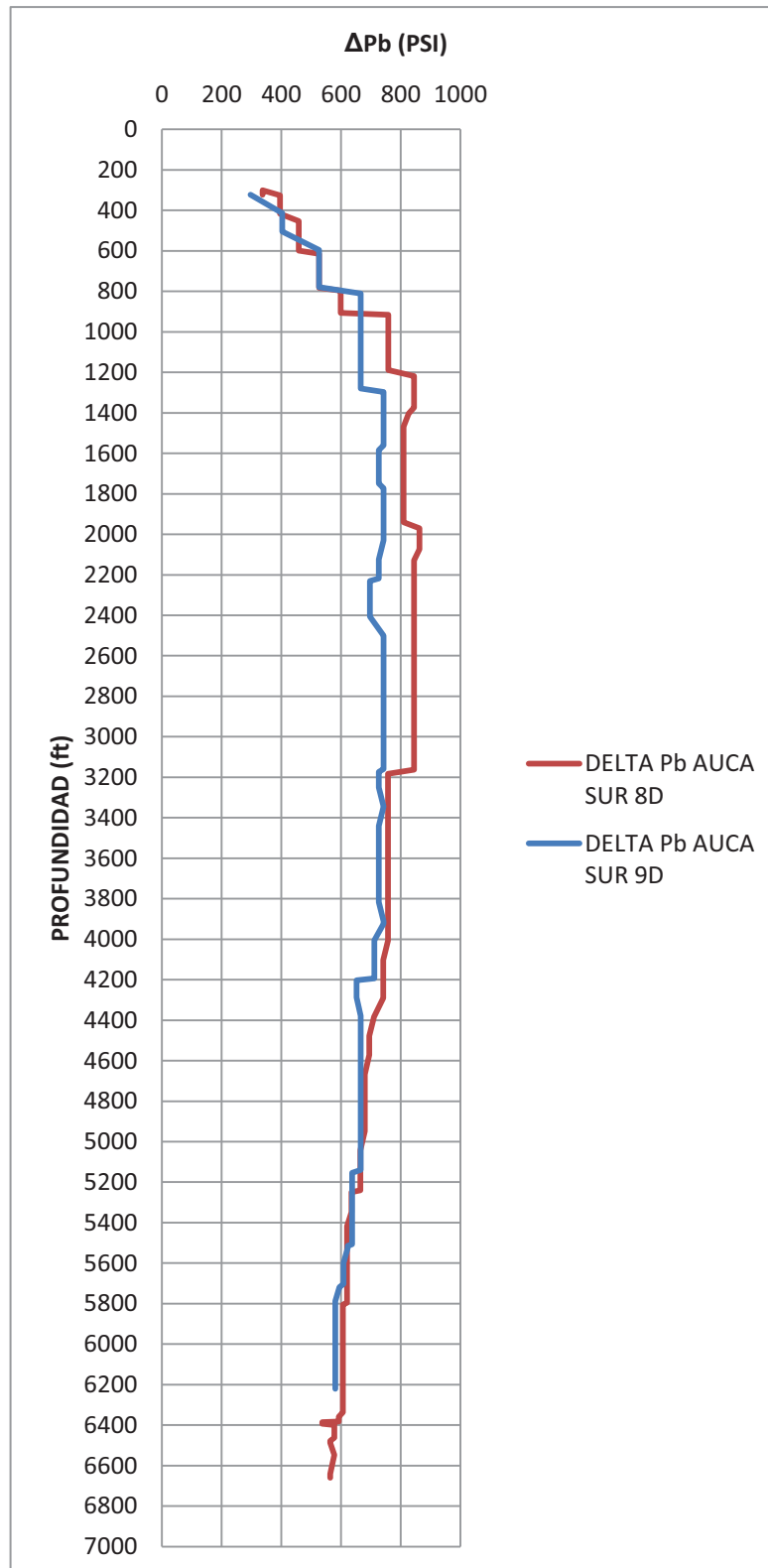
Gráfica 3.5: Sección 16" Campo Auca: Dog Leg Severity vs Profundidad

Elaborado por: Jonnathan Fabara

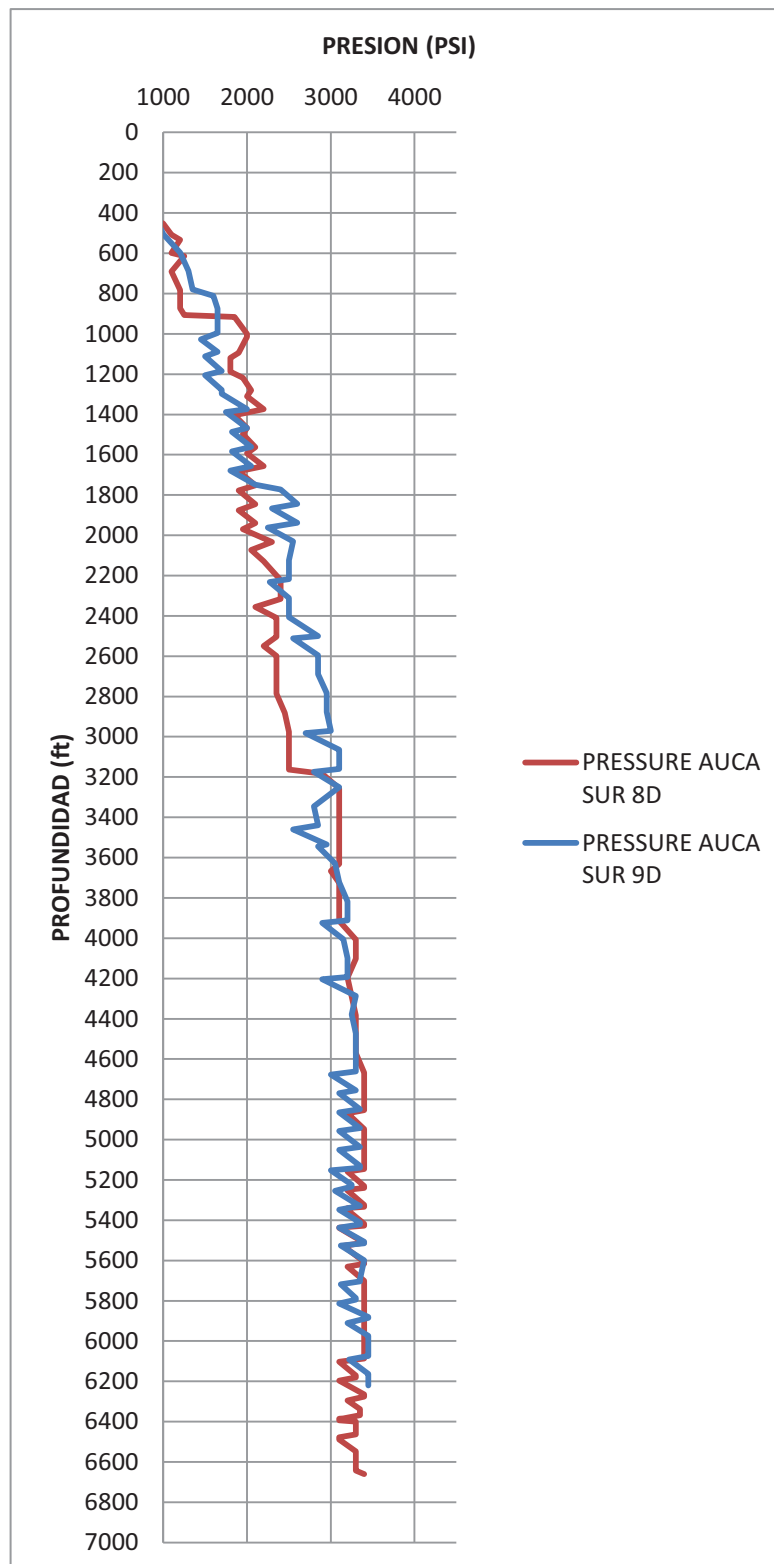
Gráfica 3.6: Sección 16" Campo Auca: WOB vs Profundidad

Elaborado por: Jonnathan Fabara

Gráfica 3.7: Sección 16" Campo Auca: ΔP_b vs Profundidad

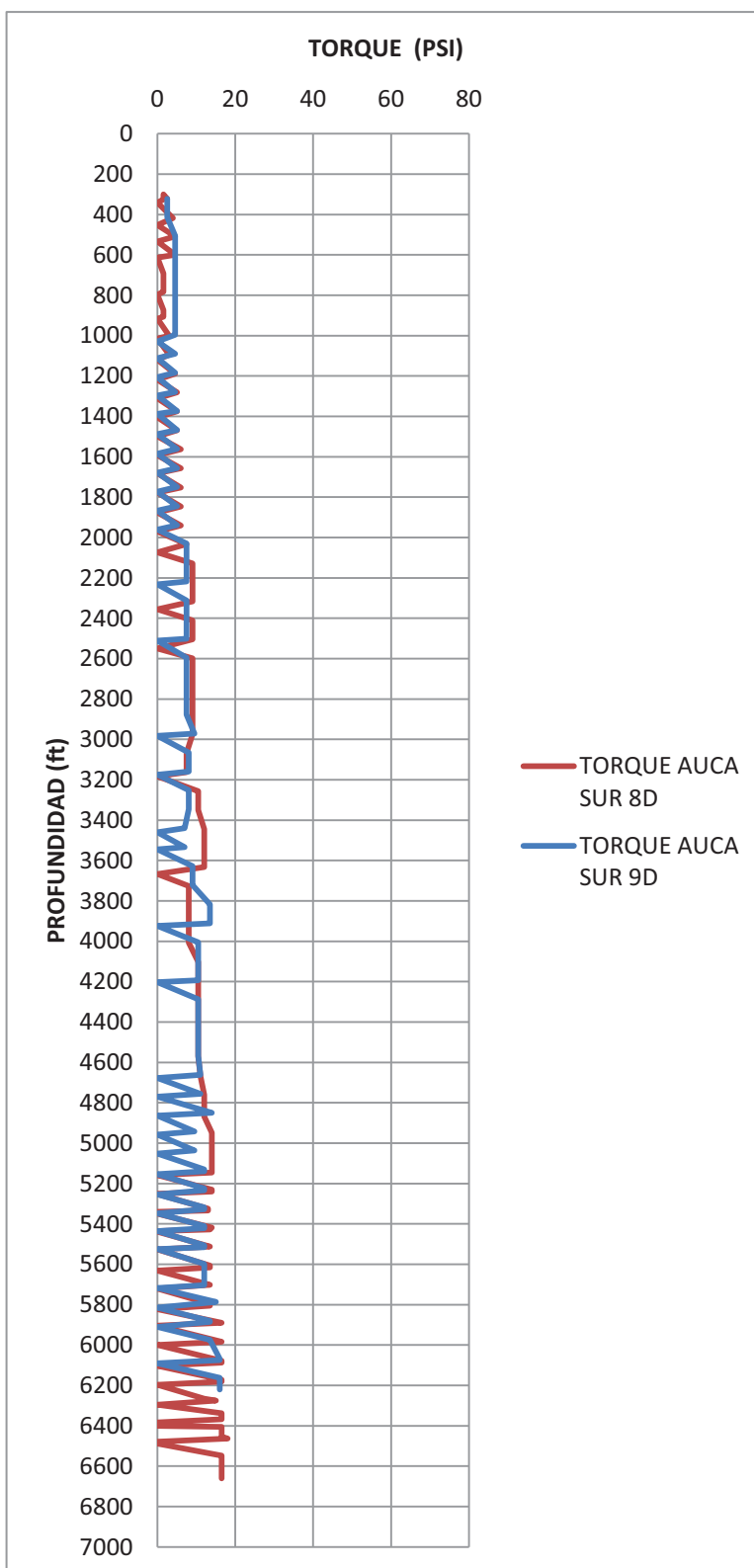


Elaborado por: Jonnathan Fabara

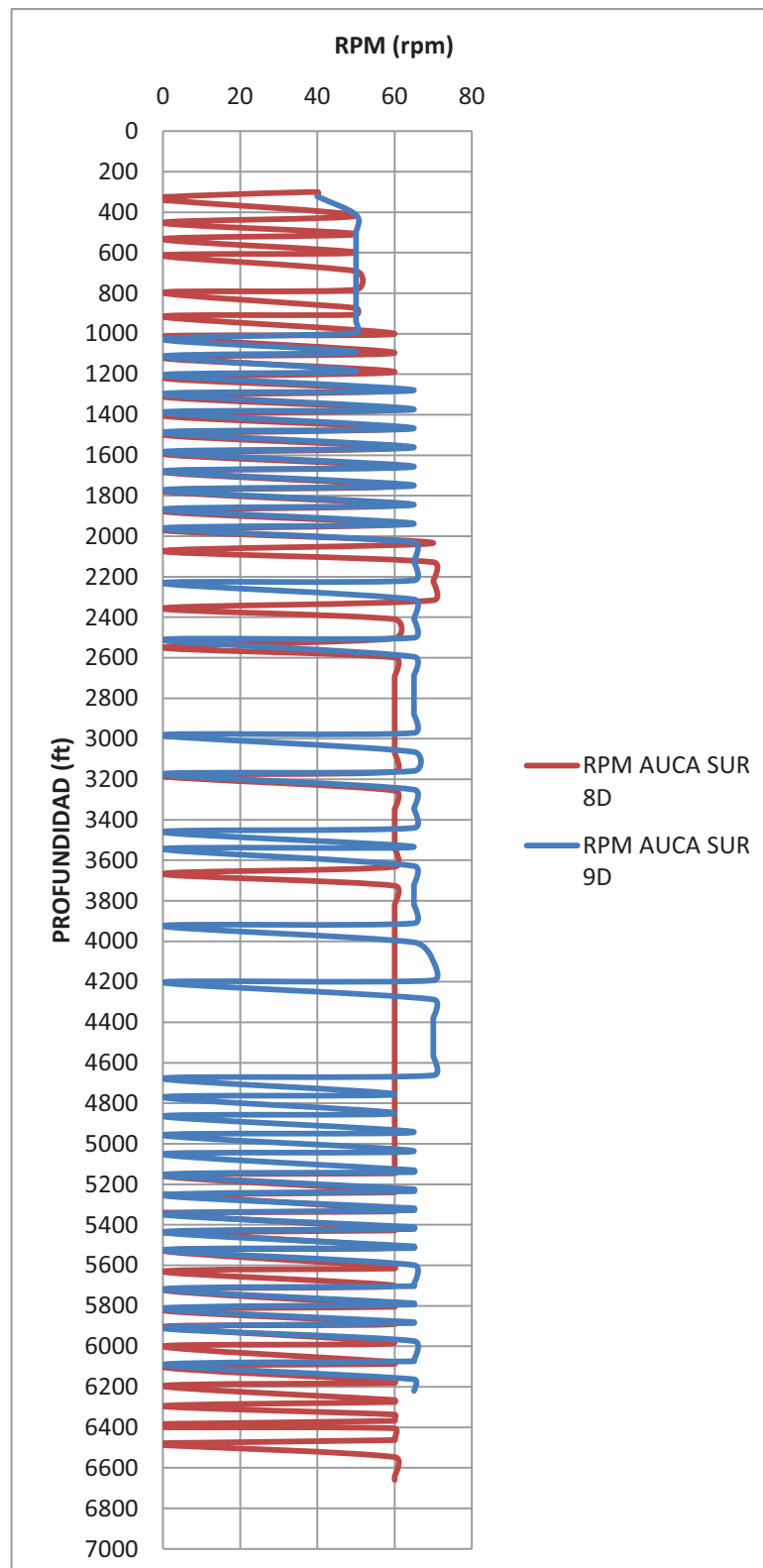
Gráfica 3.8: Sección 16" Campo Auca: Presión vs Profundidad

Elaborado por: Jonnathan Fabara

Gráfica 3.9: Sección 16" Campo Auca: Torque vs Profundidad

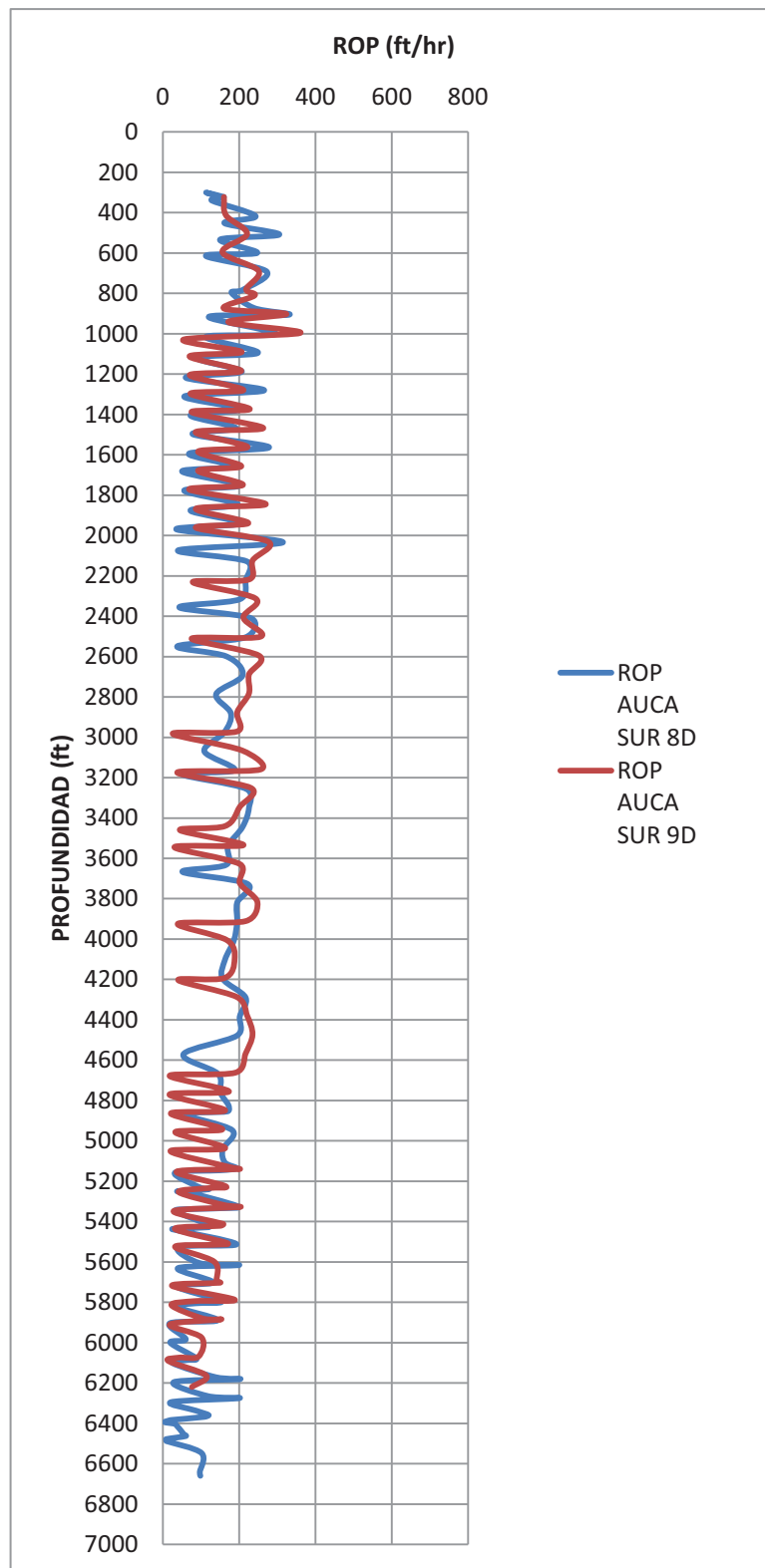


Elaborado por: Jonnathan Fabara

Gráfica 3.10: Sección 16" Campo Auca: RPM vs Profundidad

Elaborado por: Jonnathan Fabara

Gráfica 3.11: Sección 16" Campo Auca: ROP vs Profundidad



Elaborado por: Jonnathan Fabara

3.1.1.3. Optimización de la sección de 16"

Para el caso de la sección de 16" del Campo Auca se ocuparán los datos de la broca, lodo y profundidad de asentamiento del casing que se detallan en la Tabla 3.3.:

Tabla 3.3: Sección 16" Campo Auca: Datos de la broca y del Fluido

Tamaño de la broca (Db)=	16	In
Numero de boquillas=	5	
Densidad del lodo (ρ)=	10	pg
Presión Disponible Max=	400	Psi
Viscosidad (μ =	5	cP
Pt . Casing=	6500	Pies

Elaborado por: Jonnathan Fabara

Se calcula el caudal inicial para la sección, para este caso es:

$$Q_i = 40 * Db = 40 * 16 = 640 \text{ gpm}$$

Se calcula la velocidad del fluido dentro de cada uno de los componentes de sarta. Por ejemplo, para el cálculo de presión en el float sub se utiliza los siguientes datos:

$$V_t = \frac{0.408 * Q_i}{DI^2} = \frac{0.408 * 640}{2.25^2} = 51.58 \text{ pies/seg}$$

Se calcula del número del Reynolds dentro de la tubería y en el espacio anular respectivamente:

$$N_{Ret} = \frac{15.46 * DI * V_{t_{min}} * \rho}{\mu} = \frac{15.46 * 2.25 * (51.58 * 60) * 10}{5} = 223914.23$$

Se calcula el factor de fricción:

$$f = 10^{[0.0117 * (\log(N_{Re}))^2 - 0.3148 * N_{Re} - 0.9837]}$$

$$= 10^{[0.0117 * (\log(223914.23))^2 - 0.3148 * 223914.23 - 0.9837]} = 0.0046$$

Se calcula la pérdida de presión en el interior de cada componente:

$$\Delta P_p = \frac{0.0046 * 51.58^2 * 10 * 3.80}{25.8 * 2.25} = 8.41 \text{ psi}$$

Se realiza este cálculo para la todos los componentes del sistema tanto para la parte interna como para el anular tomando el diámetro efectivo de flujo en el mismo es decir, diámetro del hoyo menos el diámetro externo de la tubería. Los resultados se detallan en la Tabla 3.4 para el los cálculos dentro de la tubería, y Tabla 3.5 para el anular:

Tabla 3.4: Sección 16" Campo Auca: Caída de presión en la tubería

	DI	Longitud	Vp	Nre _p	f	ΔP _p
Herramienta	in	pies	pies/seg			psi
Motor		27.50				4 0.00
Float Sub	2.250	3.80	51.58	223914.23	0.0046	8.41
Estabilizador 15 1/2"	3.250	5.77	24.72	155017.54	0.0050	2.18
NM M S	3.063	3.99	27.84	164508.41	0.0049	2.01
Herramienta MWD		29.51				300.00
NMDC	3.563	29.98	20.57	141419.51	0.0051	7.29
Cross Over Sub	3.063	3.59	27.84	164508.41	0.0049	1.80
UBHO	2.906	2.53	30.92	173352.95	0.0049	1.64
Drill Collar	2.813	28.75	33.01	179131.38	0.0048	21.76
Cross Ovear Sub	2.781	3.80	33.76	181144.10	0.0048	3.04
Tubería Pesada	3.000	730.41	29.01	167935.67	0.0049	405.43
Martillo	2.750	20.00	34.53	183202.55	0.0048	16.87
Tubería de Perforación	4.276	5610.37	14.28	117822.03	0.0053	567.11
ΔP Tubería=						1737.53

Elaborado por: Jonnathan Fabara

Se calcula la pérdida de presión en el equipo de superficie que es un tipo 3 debido a la capacidad de perforación que tiene el mismo de acuerdo a lo mencionado en el capítulo anterior, debido a la profundidad del por lo tanto:

$$\Delta P_{ES} = C * \rho * \left(\frac{Q}{100}\right)^{1.86} = 0.22 * 10 * \left(\frac{640}{100}\right)^{1.86} = 72.27 \text{ psi}$$

Se suma las pérdidas de presión para obtener las pérdidas de presión parasitas del sistema:

$$\Delta P_t = \Delta P_p + \Delta P_A + \Delta P_{ES} = 1737.53 + 2.33 + 72.72 = 1812.13 \text{ psi}$$

Tabla 3.5: Sección 16" Campo Auca: Caída de presión en el espacio anular

	DE	Longitud	Va	Nre _a	F	ΔP _A
Herramienta	in	pies	pies/seg			psi
Motor	9.625	31.28	1.60	1966 .76	0 0076	0.04
Float Sub	9. 25	3.80	1.60	19660.76	0.0076	0.00
Estabilizador 15 1/2	9.688	5.77	1.61	19612.93	0.0076	0.01
NM M S	9.500	3.99	1.58	19757.14	0 0076	0.00
Herramienta MWD	9.625	29.51	1.60	19660.76	0.0076	0.04
NMDC	9.500	29.98	1.58	19757.14	0.0076	0.03
Cross Over Sub	9.375	3.59	1.55	19854.46	0.0076	0.00
UBHO	7.875	2.53	1.35	21101.86	0.0075	0.00
Drill Collar	8.250	28.75	1.39	20775.55	0.0075	0.02
Cross Over Sub	8.000	3.80	1.36	20991.96	0.0075	0.00
Tubería Pesada	5.000	730.41	1.13	23990.81	0.0073	0.25
Martillo	6.500	31.45	1.22	22391.42	0.0074	0.01
Tubería de Perforación	5.000	5595.14	1.13	23990.81	0.0073	1.91
ΔP Anular, psi=						2.33

Elaborado por: Jonnathan Fabara

Para determinar la presión que llegara a la broca partir de la presión real del taladro, se calcula como se detalla a continuación:

$$P_b = 3400 - 1812.13 = 1587.87 \text{ psi}$$

Caudal óptimo en la broca:

$$Q_{opt} = \left(\frac{\Delta P_t}{P_{smax}} \right)^{\frac{1}{1.75}} Q_i = \left(\frac{1812.13}{3400} \right)^{\frac{1}{1.75}} 640 = 446.69$$

Cálculo del área Óptima de los jets:

$$A_j = \sqrt{\frac{\rho * Q_{opt}^2}{10835.75 * P_b}} = \sqrt{\frac{10 * 446.69^2}{10835.75 * 1578.87}} = 0.347 \text{ in}^2$$

Donde el diámetro de las boquillas en 32avos es:

$$Dt = 32 \sqrt{\frac{A_j}{0.7854 * N}} = 32 \sqrt{\frac{0.347}{0.7854 * 5}} = 9.516$$

Para los optimizar por máxima fuerza de impacto y máxima potencia hidráulica, se calcula la presión de superficie mediante la expresión:

$$P_b = P_{smax} - \Delta Pt$$

Donde se tiene que:

$$P_{smax} = \frac{\Delta Pt}{0.53}$$

Y para máxima potencia hidráulica se tiene

$$P_{smax} = \frac{\Delta Pt}{0.36}$$

A partir de estas se realizan los cálculos anteriores donde se obtiene los resultados detallados en la Tabla 3.6

Tabla 3.6: Sección 16" Campo Auca: Optimización de hidráulica

Optimización Máxima Fuerza de Impacto		
Presión mínima en superficie=	3419.105	psi
Pbop=	1606.979	psi
Qop=	445.270	gpm
Aj=	0.344	in2
Dj=	9.473	In
Optimización Máxima Potencia hidráulica		
Presión mínima en superficie=	5033.682	psi
Pbop=	3221.557	psi
Qop=	356.976	gpm
Aj=	0.195	in2
Dj=	7.128	In

Elaborado por: Jonnathan Fabara

Como se puede observar los valores obtenidos en la optimización están muy por debajo del rango de caudal establecido para la sección por lo que se tomara un valor de caudal comúnmente ocupado en la sección para a partir de este y de las pérdidas de presión realizar un cálculo del TFA y del tamaño de las boquillas adecuado para dicho tamaño. El resultado de estos cálculos se tiene a en la Tabla 3.7 donde se detalla la optimización para presión del taladro real y requeridas para cada tipo de optimización.

Tabla 3.7: Sección 16” Campo Auca: Optimización a partir de caudal comúnmente usado

Cálculos a partir de caudal comúnmente usado		
Presión Disponible		
Qu=	950	gpm
Pb=	1587.874	psi
Aj=	0.739	in2
Dj=	13.878	In
Optimización Máxima Fuerza de Impacto		
Presión mínima en superficie=	3419.105	Psi
Qu=	950	gpm
Pbop=	1606.979	Psi
Aj=	0.734	in2
Dj=	13.836	In
Optimización Máxima Potencia hidráulica		
Presión mínima en superficie=	5033.682	Psi
Qu=	950	gpm
Pbop=	3221.557	Psi
Aj=	0.519	in2
Dj=	11.628	In

Elaborado por: Jonnathan Fabara

3.1.2. SECCIÓN DE 12 1/4”

3.1.2.1. Sumario de la sección de 12.25” de los pozos perforados en el Campo Auca

La sección de 12 1/4” del Campo Auca atraviesa las formaciones Orteguaza, Tiyuyacu (Conglomerado superior e inferior), Tena, Napo, las cuales se encuentran principalmente compuestas por arcilla, limolita, arenisca, conglomerado cuarzoso y chertoso, lutita y caliza. Para perforar las mismas, se ha utilizado una broca cuerpo de matriz, cinco aletas con cortadores de 19mm.

A continuación se da una descripción de la perforación de la sección de 12.25” para cada uno de los pozos puestos en análisis.

3.1.2.1.1. *Auca Sur 8D*

Desde 6660 pies hasta 10,247 pies MD (Formaciones: Orteguaza, Tiyuyacu, Tena, Napo)

Mantiene la vertical hasta TD.

Se perforaron 3587 pies de las formaciones Orteguzza, Tiyuyacu, Tena, Napo, usando 2 brocas con una ROP neta de 74.75 pph, para toda la sección.

- Corrida No.1

Se usa una broca PDC cuerpo de acero de 5 aletas con cortadores de 19mm.

Perfora equipo de flotación y las formaciones Tiyuyacu, Tena y Napo. Se inicia con parámetros controlados hasta que salga el estabilizador del revestidor. Se incrementa caudal hasta 900 gpm y RPM a 60 RPM para optimizar perforación. Se desliza para dejar vertical al pozo, se tiene problemas de colgamiento, ROP lenta deslizando. Se observa incremento de presión en 300 psi a 7818 pies. Se bombea píldora dispersa con walnut a 7862 pies para mejorar la presión con resultados positivos. Se disminuye el caudal hasta llegar a 695 gpm a para no sobrepasar la presión límite. Variaciones de presión afectan el desempeño de la broca. Desde 8236 pies y durante la corrida se presentan picos de torque alto llegando al límite, que trata de parar la rotaria, por lo que no se puede usar más de 300 psi de diferencial. Se controla parámetros antes de Conglomerado Inferior desde 8661 pies hasta 8950 pies con WOB 10-15 klbs, 40RPM de superficie y 111 RPM del motor, 650 gpm, TQ 15-21 klbs*pies., 2550 psi y 100 psi de diferencial. Al final de la corrida se observa torque con picos de 25 klbs*pies que detiene la rotaria.

La broca sale en su mayoría con cortadores entre astillados y rotos en todas las áreas, el mayor desgaste lo sufrió el hombro y calibre. Se observa presencia de sobrecalentamiento en el cuerpo de los cortadores. La almohadilla del calibre se encuentra con desgaste. La broca está 1/16 fuera calibre. Se observa un trapo en la herramienta MWD. Eso pudo ser una de las causas de la presión alta.

Calificación IADC de Salida: 1 - 3 - CT – A - X - 1 – BT – BHA

- Corrida No.2

Se utiliza una broca PDC del mismo tipo utilizado en la primera corrida en esta sección. La broca perfora Napo, Caliza "M1", Caliza "M2" y parte de caliza "A".

Antes de iniciar perforación se baja registrando desde 8556 pies a 8838 pies (Chert inferior). Luego debido a hoyo apretado se baja con bombas desde 9400

pies hasta TD. Repasando se tiene un torque variable de 18 a 25 klbs*pies. Al iniciar perforación se observa TQ fuera de fondo de 18 a 25 klbs*pies. Durante toda la corrida se trabaja con poco WOB 10-18 klbs, y un diferencial máximo de 200-250 psi. La ROP se ve afectada por la presencia de TQ elevado y picos de hasta 25 klbs*pies. Se inicia a perforar con 750 gpm, luego se va reduciendo caudal hasta llegar a 700 gpm debido a la presencia de un exceso de presión de aproximadamente 500 psi.

La broca sale en su mayoría con cortadores sin desgaste especialmente en la estructura de corte interna. En la estructura de corte externa se presentan varios cortadores levemente astillados en hombro y calibre. Los cortadores de respaldo sin desgaste. 1 cortador de los up reaming se presenta roto. Las almohadillas del calibre con desgaste. Broca en calibre.

Calificación IADC de Salida: 0 - 1 - CT – S/G - X - I – BT – TD

3.1.2.1.2. Auca Sur 9D

Desde 6220 pies hasta 9842 pies MD (Formaciones: Orteguaza, Tiyuyacu, Tena, Napo)

Tumba hasta 0.45°

En esta sección se usa una broca PDC cuerpo de Matriz de IADC M422 de 5 aletas con cortadores de 19mm perforado un intervalo de 3266 pies con una ROP neto de 59.5pph en una sola corrida.

La broca perfora zapato. Se inicia perforando con parámetros controlados para luego ir incrementando el caudal hasta llegar a 900 gpm. Picos en la ROP de 290 pph especialmente en Orteguaza y parte superior de Tiyuyacu. El BHA mantiene la vertical. Presenta recalentamiento de generadores por lo que se trabaja con menor caudal y WOB desde 6589 pies a 6629 pies. Desde 7698 pies hasta el final de la corrida se presenta un exceso de presión en 500 a 650 psi por lo que se disminuye el caudal hasta 650 gpm, para no sobrepasar la presión límite de 3400 psi. Se bombea en varias ocasiones píldoras dispersas con walnut para liberar 650 psi en exceso, esto provoco a su vez que se de gran variación en la presión y por lo tanto se modifique el caudal para no sobrepasar la presión limite. Se controla parámetros desde 8197 pies hasta 8517 pies con WOB 14-32 klbs, caudal de 650 gpm, 2500 psi y un diferencial

de 200 psi, con torque de 6-9 klbs*pies, 40 RPM en superficie y 111 RPM del motor, ROP 17-60. El Tope de Chert inferior se da a 8241 pies y la base a 8458 pies. En Tena, a 8566 pies se muestra indicios de embolamiento cuando la ROP cae a 13 pph, se bombea píldora dispersa con wall nut y mejora ROP llegando de 40 -70 pph. A 8601 pies se realiza viaje de calibración al zapato. Se controla parámetros para ingresar a Basal Tena desde 9252 pies hasta 9270 pies con WOB 10-20 klbs, gpm 650, 2650 psi, TQ 9-12 klbs*pies, 40RPM en superficie y 111 RPM de motor, ROP 17-36 pph. A 9600 pies se detiene la rotaria por picos de torque alto (25 klbs*pies) y se decide agregar lubricante a 9618 pies para mejorar el torque, dando resultados positivos. Sin embargo por momentos debido a la aplicación de más WOB para perforar calizas, se frena la rotaria, por lo que no se puede aplicar mucho WOB afectando la ROP, manteniéndose este problema hasta el final de la corrida.

La broca sale en la estructura de corte interna con la mitad de los cortadores astillados, 1 cortador delaminado, 1 cortador con leve rotura. En la estructura de corte externa la mayoría de los cortadores presentan desgaste con astillamiento, unos pocos entre leve rotura y delaminación. La parte con mayor desgaste fue el hombro. Además, se observa en el cuerpo de los cortadores, en el área del hombro y parte del calibre, con sobrecalentamiento. Las almohadillas del calibre se presentan sin desgaste. La broca está en calibre.

Calificación IADC de Salida: 1 - 2 - CT – A - X - I – BT/HC – TD

En la tabla 3.8., se resumen las corridas de 12 ¼” en el campo Auca.

Tabla 3.8: Tabla Resumen de corridas de 12 ¼" en el Campo Auca

Pozo	TFA	Intervalo	Hrs. Net.	ROP Net	Motor	Incl. Salida	Incl. Max	Formaciones	Litología	Calificación
Auca Sur 8D	0.982	2,940	21.1	139.1	9 5/8" WTF LE 6/7, 5.0 stg, 0.12 rev/gal, Bend 1.5°	29.02	31.72	Terciario Indiferenciado	Arcilla, Arena	0-1-CT-G/S-E-I-BT-HR
Auca Sur 8D	1.086	3,497	38.3	91.4	9 5/8" WTF LE 7/8, 5.7 stg, 0.12 rev/gal, Bend 1.5°	3.98	31.19	Terciario Indiferenciado, Orteguaza	Arcilla, Arena, Lutita	1-3-CT-A-X-1-LT/BT-TD
Auca Sur 9D	1.086	5,962	45.1	132.3	9 5/8" WTF LE 6/7, 5.0 stg, 0.12 rev/gal, Bend 1.5°	0.91	15.5	Terciario Indiferenciado, Orteguaza	Arcilla, Limolita, arenisca, Lutita	1-1-CT-A-X-I-BT-TD

Elaborado por: Jonnathan Fabara

3.1.2.2. Análisis de la sección de 12 ¼"

La variación del TFA para ambos pozos se puede observar en la Grafica 3.12, donde se puede observar que se da una variación a los 9736 pies, donde por cambio de BHA, se aumenta el TFA de la broca desde 1.09 hasta 1.53 in².

El comportamiento de las curvas en las Gráficas 3.13, 3.14 y 3.15 es similar. En estas se puede observar que durante los primeros 1600 pies de la corrida tiene valores de 880 gpm, 2.8 HP/in² y 1200 lbs hasta los 7700 pies de profundidad.

Después, debido a que se realiza un control de parámetros con disminución del caudal en el pozo Auca Sur 9D (desde 860 hasta 650 gpm) que en el pozo Auca Sur 8D (Desde 860 a 800 gpm), se puede ver el mismo comportamiento para la fuerza de impacto del chorro y para el HSI. Para el caso del IF va desde 1090 lbs hasta 1019 lbs para el caso de Auca Sur 8D, y de 1145 lbs a 625 lbs para el Auca Sur 9D. Mientras que para el HSI en el Auca sur 8D va desde 2.5 hasta 2 HP/in², y para el Auca Sur 9D va desde 2.7 hasta 1.075 HP/in².

A los 8600 pies disminuye aún más el caudal en el Auca Sur 8D a 650 gpm por control de parámetros, y aumenta el caudal del en el Auca Sur 9D a 840 esto provoca que el IF para el Auca Sur 8D llegue a 622 lbs y para el Auca sur 9D un máximo de 1045 lbs. Para los valores de HSI, en el pozo Auca sur 8D llega a un valor mínimo de 1.078 HP/in², y en el Auca Sur 9D llega a 2.32 HP/in².

Con respecto al trabajo direccional hecho en ambos pozos, se puede ver en la Grafica 3.16 en el pozo Auca Sur 8D, desde los 6660 pies hasta los 7100 pies, y de los 9600 a 9800 pies, se hace un mayor trabajo direccional puesto que alcanza un valor máximo de 1.78 grados, mientras que en el Auca Sur 9D se mantiene en un valor promedio de 0.25 grados durante todo el intervalo.

Con respecto al peso aplicado sobre la broca, se puede observar desde los 7100 pies hasta los 8000 pies se tiene un valor mayor en el pozo Auca sur 9D, con un valor de 23 klbs aproximadamente, mientras que en el pozo Auca Sur 8D llega a un valor de 18 klbs. Durante el intervalo de 800 a 8870 pies los valores de peso sobre la broca son muy similares manteniendo valores entre 17 y 30 klbs y finalmente desde los 8870 hasta el final de la corrida se puede observar que en el pozo Auca Sur 8D se aplica mayor peso llegando a un valor

de 40 klbs mientras que en el Pozo Auca Sur 9D llega a un máximo 30 klbs. Esto se puede observar en la Grafica 3.17.

Por otro lado la caída de presión en la broca, debido a que se encuentra relacionada directamente con la variación de caudal, muestra un comportamiento similar al de la Grafica 3.13. en la gráfica 3.18 se observa que durante los primeros 1300 pies de la sección tiende a tener un valor promedio de 640 psi después del cual disminuye para ambos pozos hasta llegar a un valor de 545 psi para el pozo Auca Sur 8D, y 335 psi para el campo Auca Sur 9D a la profundidad de 8600 pies.

Se puede también observar que la presión es ligeramente mayor en el Pozo Auca Sur 8D, con un valor de 3300 psi, que en el pozo Auca Sur 9D con un valor de 3150 psi durante el intervalo de 6900 hasta los 8000 pies donde los valores de presión son similares para los dos pozos como se puede ver en la Grafica 3.19. Luego la presión disminuye debido a que el caudal es reducido para realizar control de parámetros.

En la Grafica 3.20, con respecto al torque, se puede observar que en el pozo Auca Sur 8D se tiene una mayor presencia de torque, iniciando con un valor de 14 lbs*pie, y terminando la sección con 23 lbs*. Mientras que en el pozo Auca Sur 9D, se puede observar que el valor de toque es menor, iniciando la corrida con un valor de 7 lbs*pie, y al terminar la sección llega a tener un valor de 18.5 lbs*pie. Estos valores de torque van aumentado conforme se avanza en la perforación.

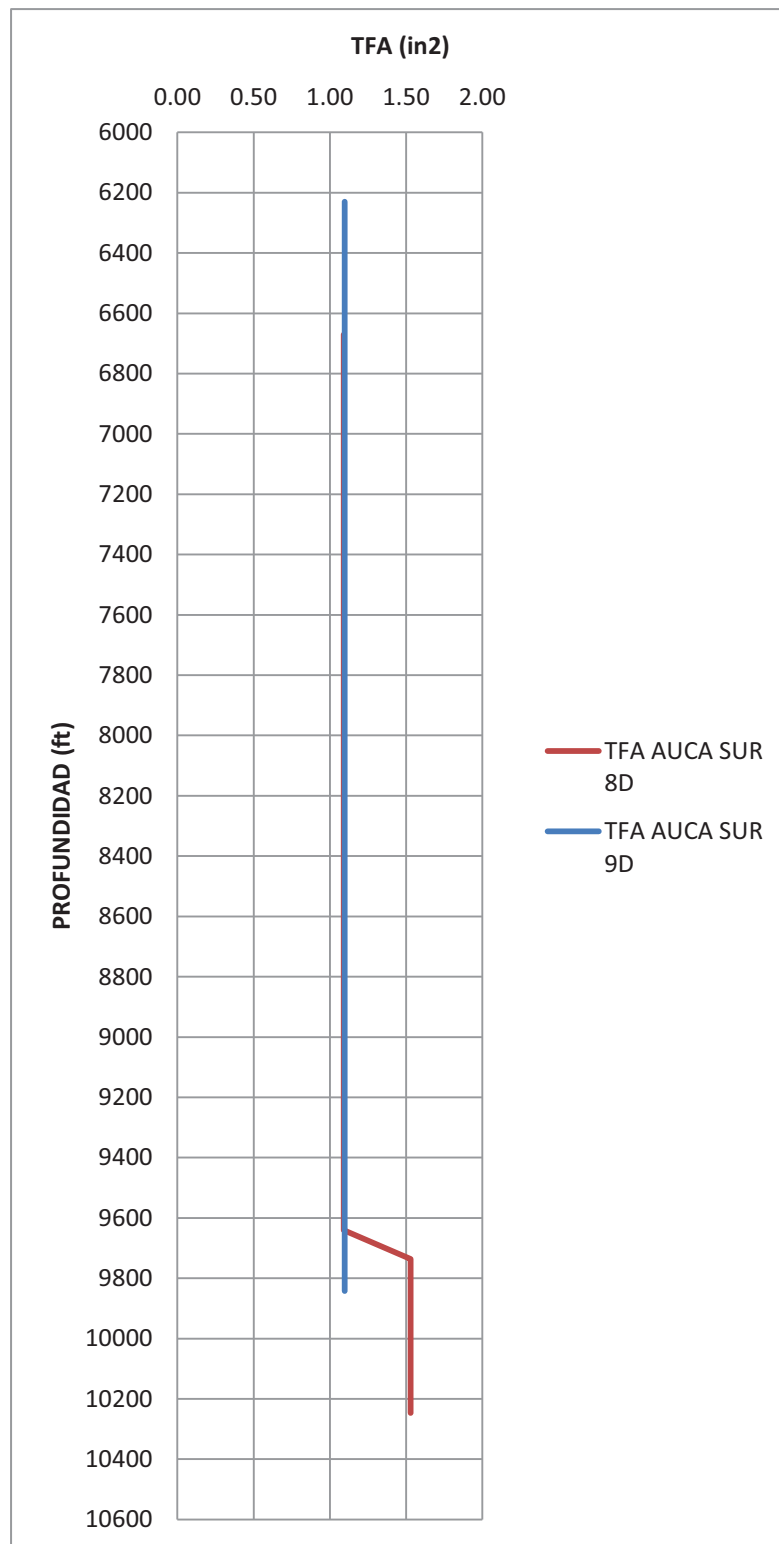
En la gráfica 3.21, se puede ver que los valores de RPM aplicadas en el pozo Auca Sur 8D son levemente inferiores hasta los 8200 manteniendo una diferencia de 5 rpm mínimo y 15 rpm máximo. Después de esta profundidad se da un decremento de las a 40 rpm en el pozo Auca Sur 9D, mientras que en el pozo Auca Sur 8D aumenta a 65, desde los 8200 hasta los 8600 pies.

Desde los 8600 hasta los 9000 se da todo lo contrario, en el pozo Auca Sur 8D disminuye hasta 40 rpm mientras que en el pozo Auca Sur 9D se incrementa a 60 rpm, por control de parámetros al atravesar los conglomerados superior e inferior. Después de esto en ambos pozos se mantiene valores de rpm entre 60 y 65 hasta el final de la corrida.

Finalmente se puede observar que en la Grafica 3.22 se puede observar que en la sección de 12.25 se da un comportamiento similar en ambos pozos desde los 7200 pies. Antes de esta profundidad, el avance en el pozo Auca Sur 9D es mayor con un valor promedio de 165 pies/hora, mientras que en el pozo Auca sur 8D es de 68 pies por hora. Desde los 7200 pies la velocidad de perforación es similar en ambos pozos con un valor aproximado de 142 pies/hora y termina la corrida con un valor promedio de 30 pies por hora. Esto tiene relación al peso aplicado sobre la broca que en las zonas donde se tiene mayor peso se da un mayor avance.

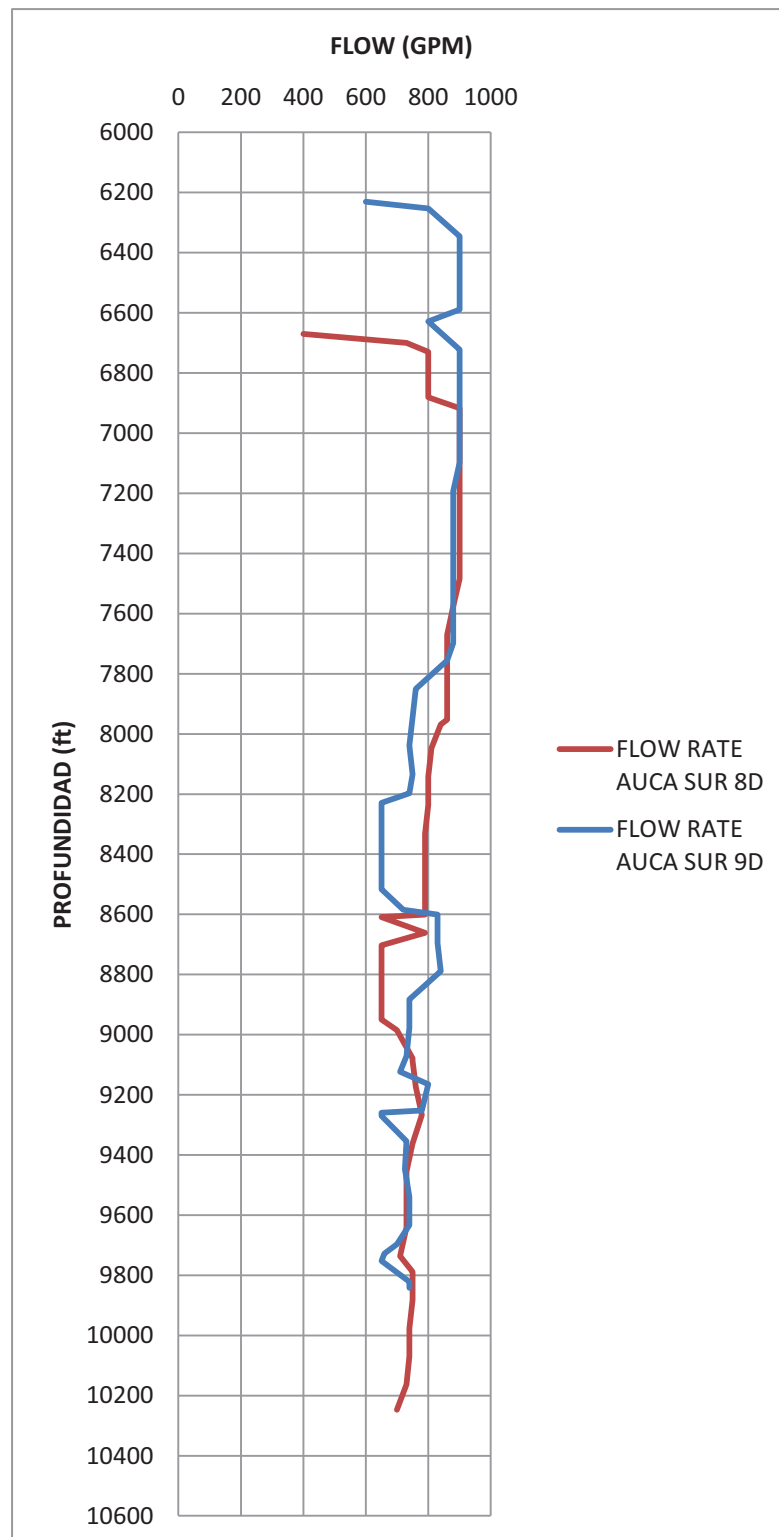
En esta sección, al igual que en la sección de 12.25 pulgadas se puede observar que el avance de la perforación está marcado por el peso aplicado sobre la broca, sin embargo también se puede ver cierta influencia de las RPM aplicadas en la perforación así como del caudal. Pero el factor predominante es el peso sobre la broca.

Gráfica 3.12: Sección 12.25" Campo Auca: TFA VS Profundidad

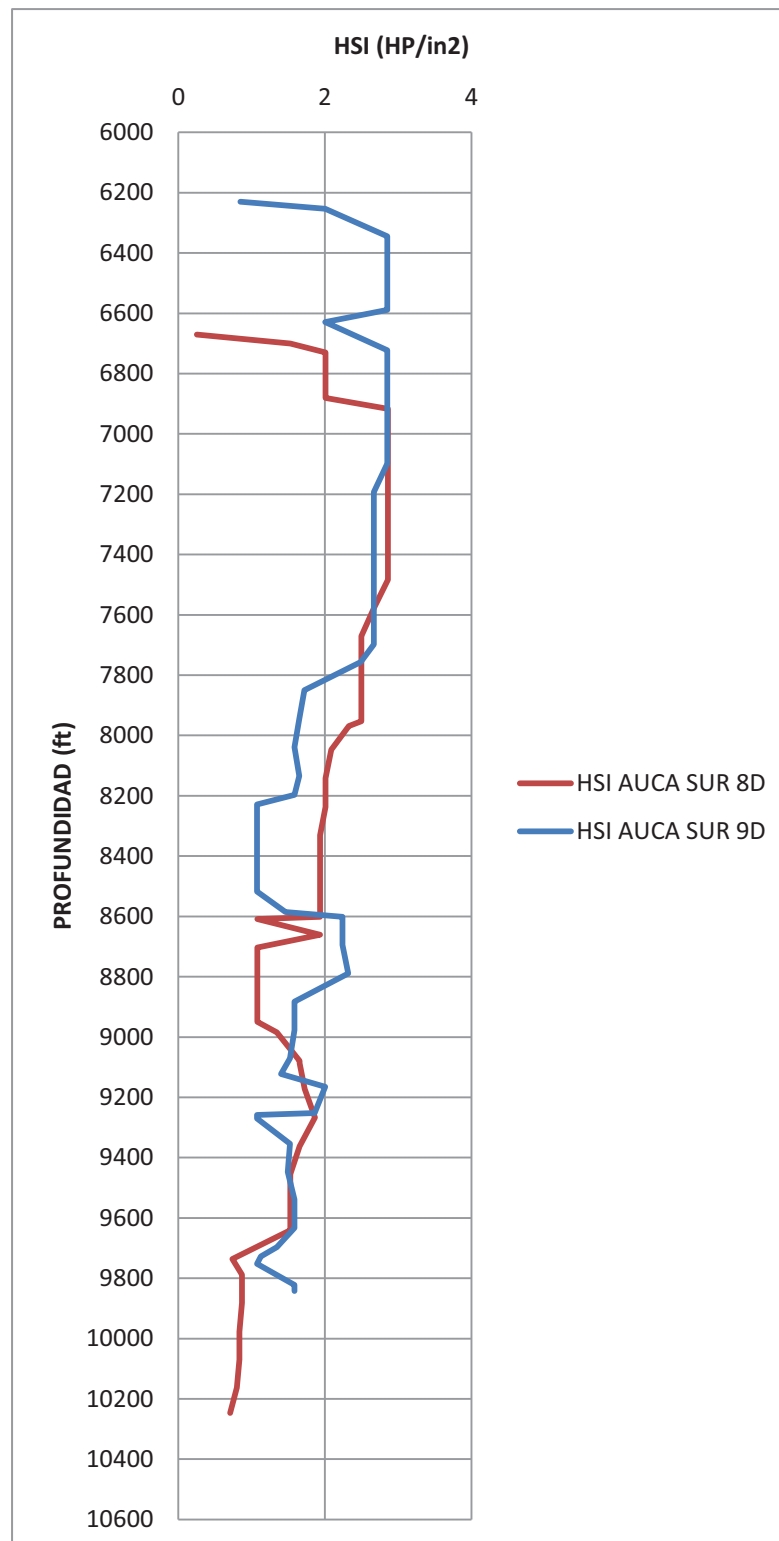


Elaborado por: Jonnathan Fabara

Gráfica 3.13: Sección 12.25" Campo Auca: Caudal vs. Profundidad

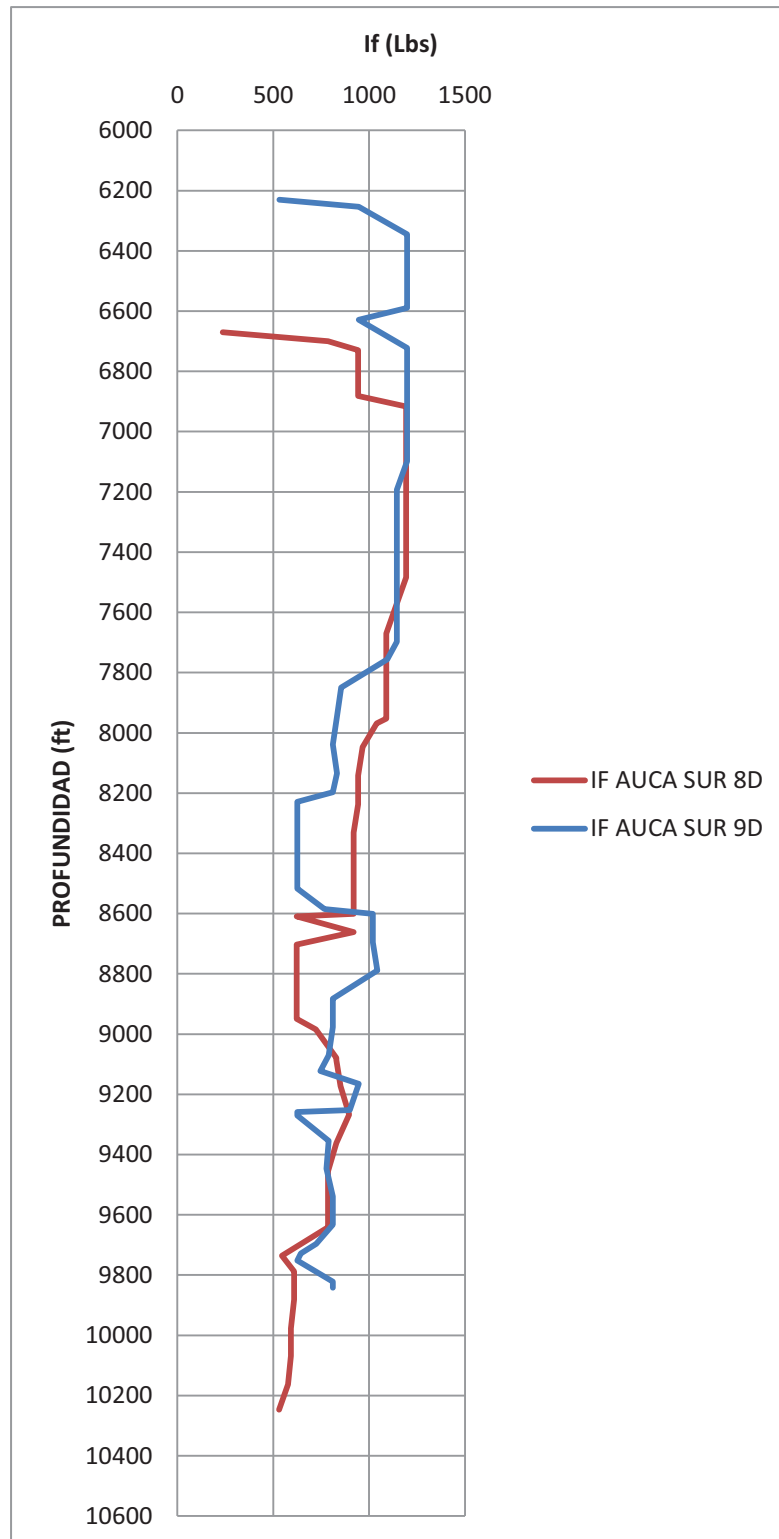


Elaborado por: Jonnathan Fabara

Gráfica 3.14: Sección 12.25" Campo Auca: HSI vs Profundidad

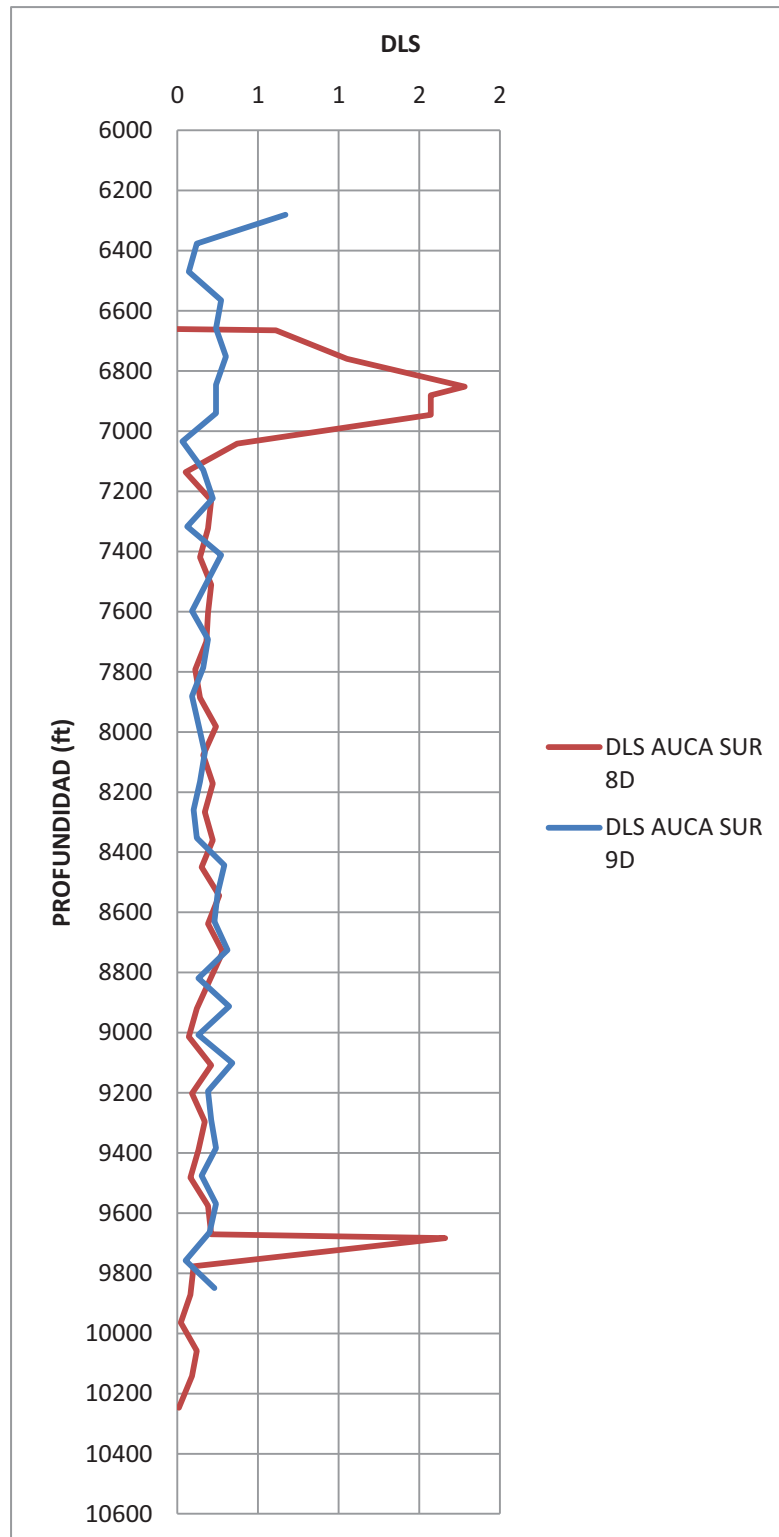
Elaborado por: Jonnathan Fabara

Gráfica 3.15: Sección 12.25” Campo Auca: Jet Impact Force vs Profundidad



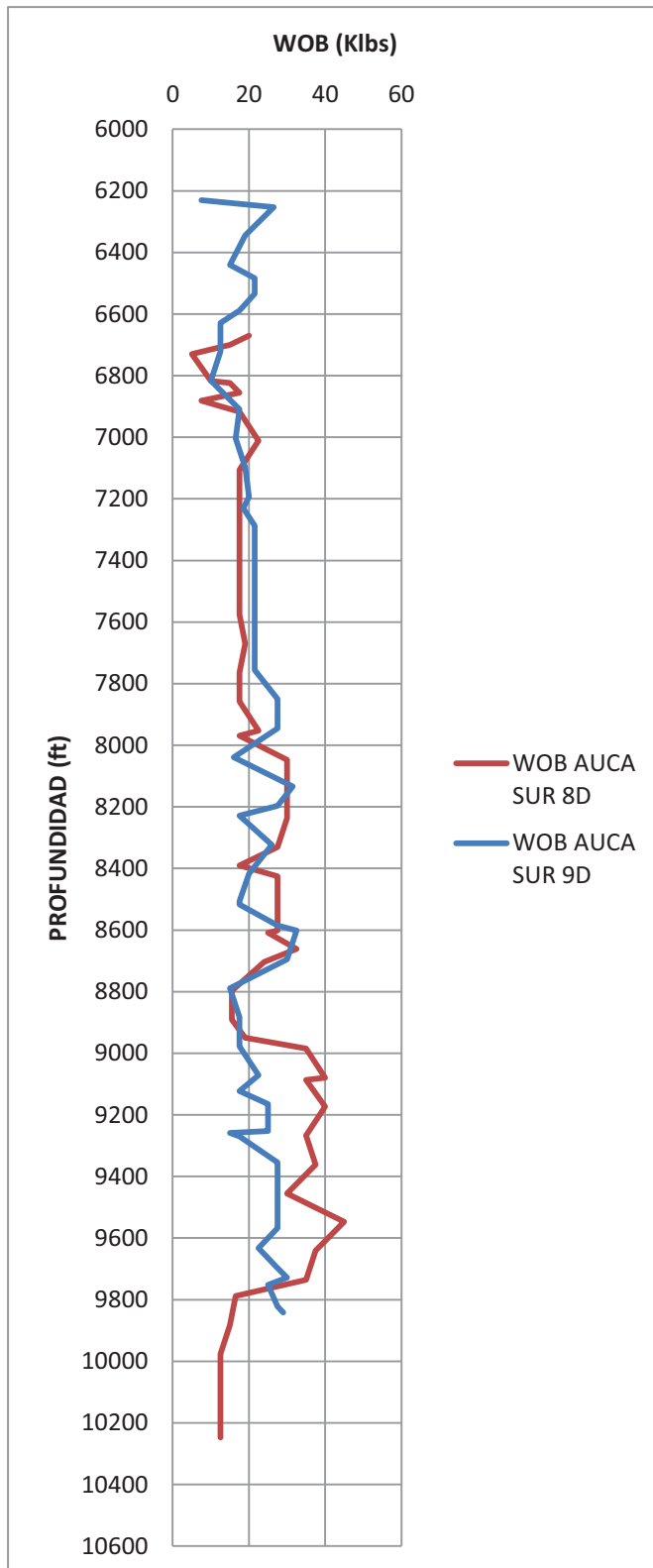
Elaborado por: Jonnathan Fabara

Gráfica 3.16: Sección 12.25" Campo Auca: Dog Leg Severity vs Profundidad



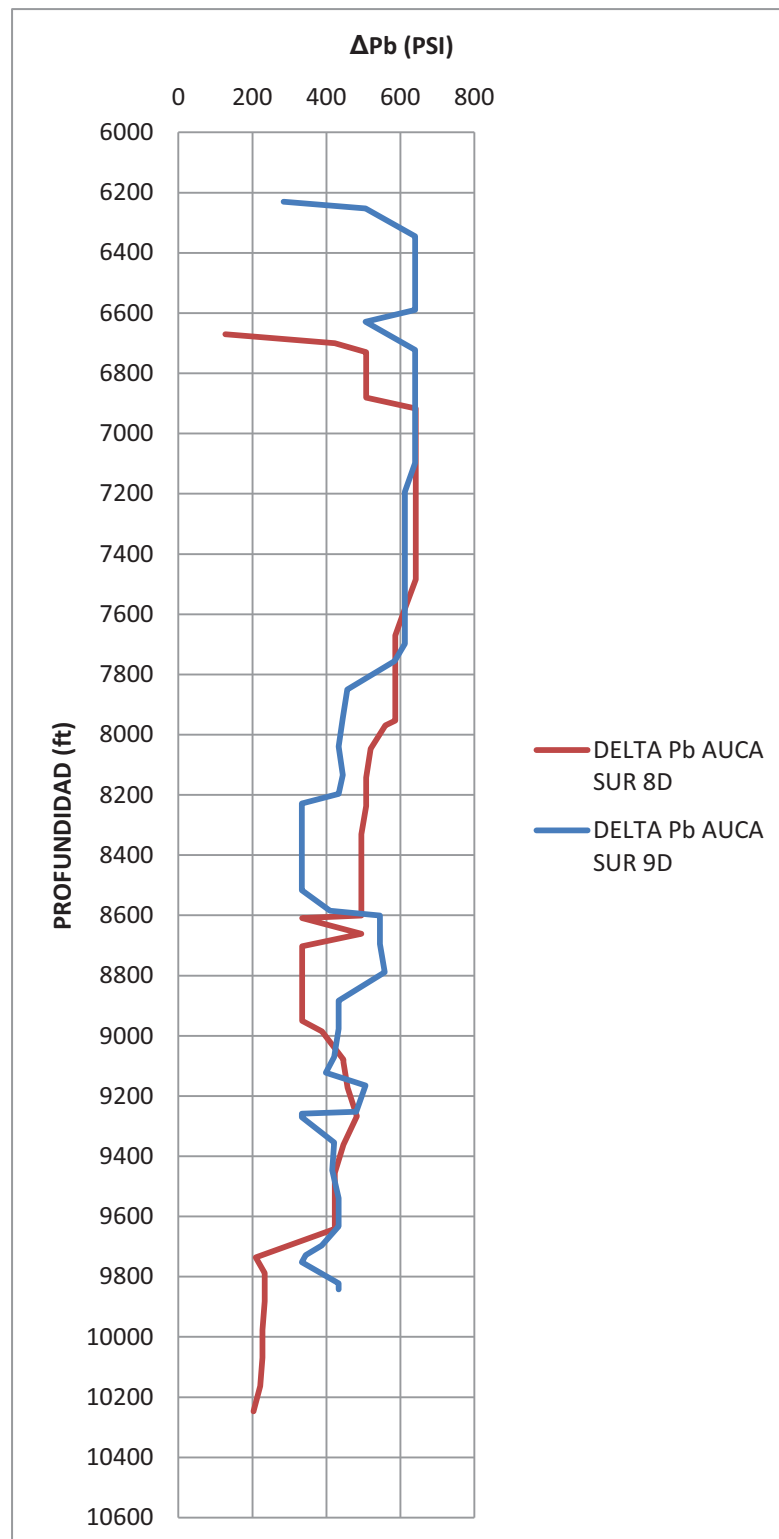
Elaborado por: Jonnathan Fabara

Gráfica 3.17: Sección 12.25" Campo Auca: WOB vs Profundidad

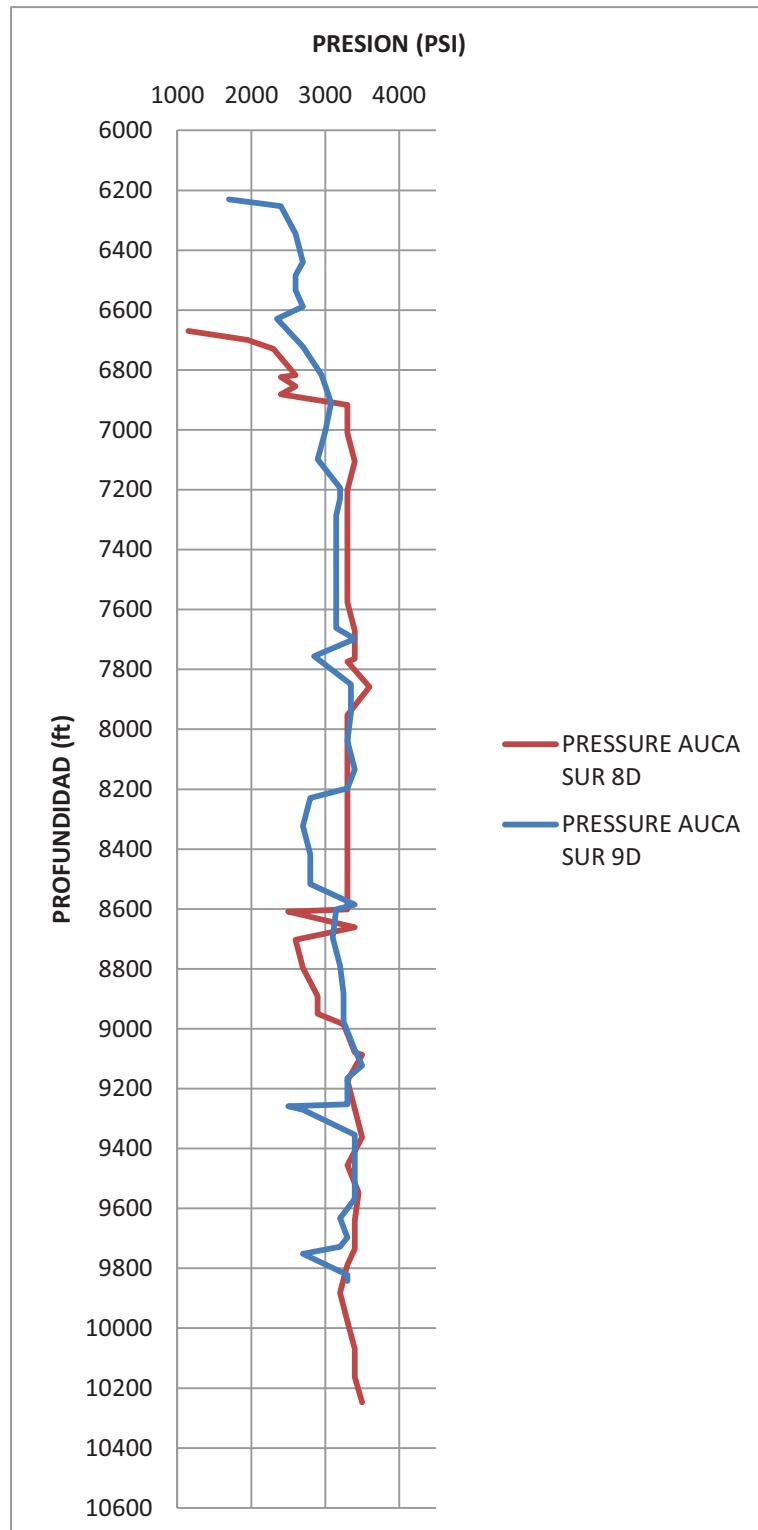


Elaborado por: Jonnathan Fabara

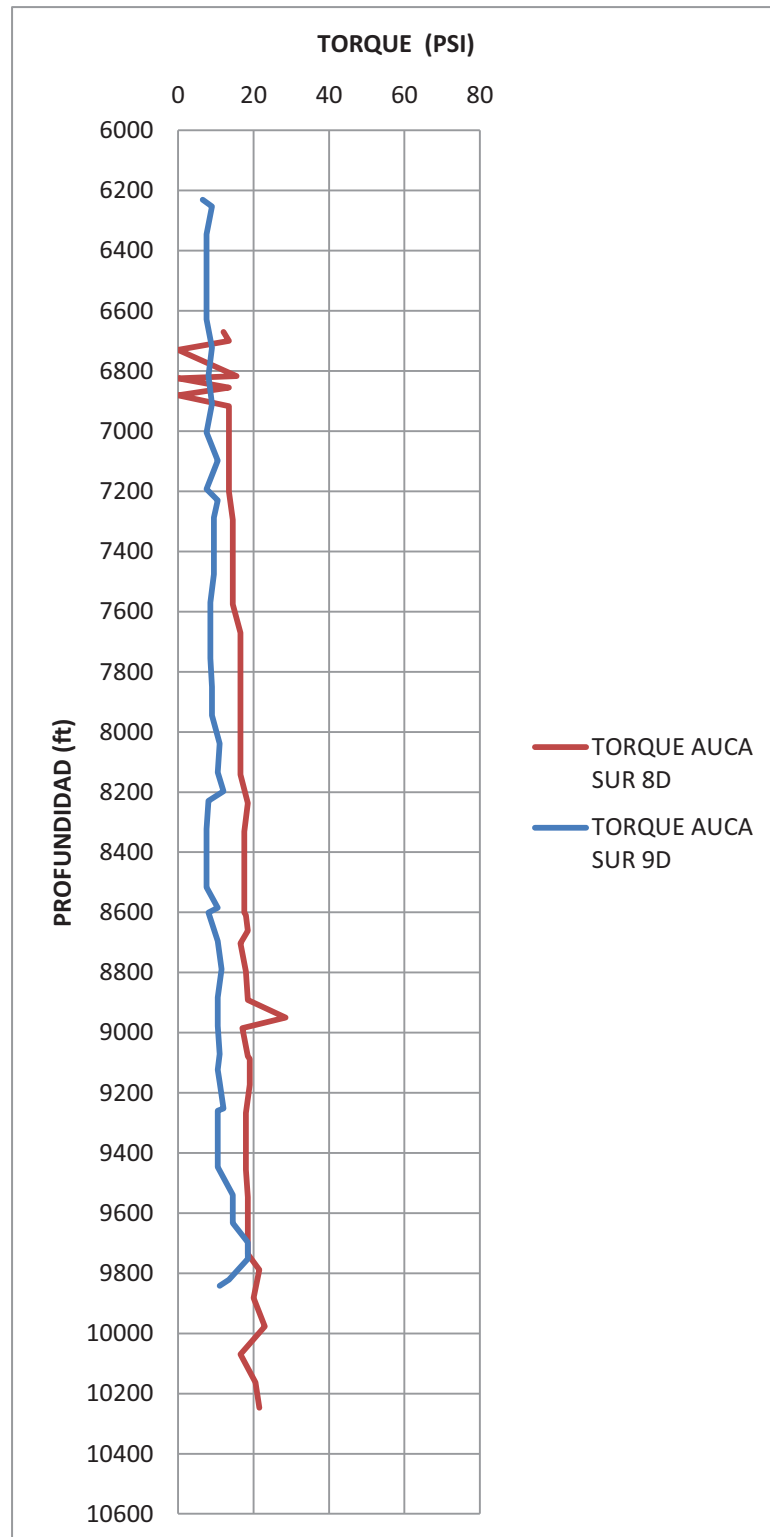
Gráfica 3.18: Sección 12.25" Campo Auca: ΔP_b vs Profundidad



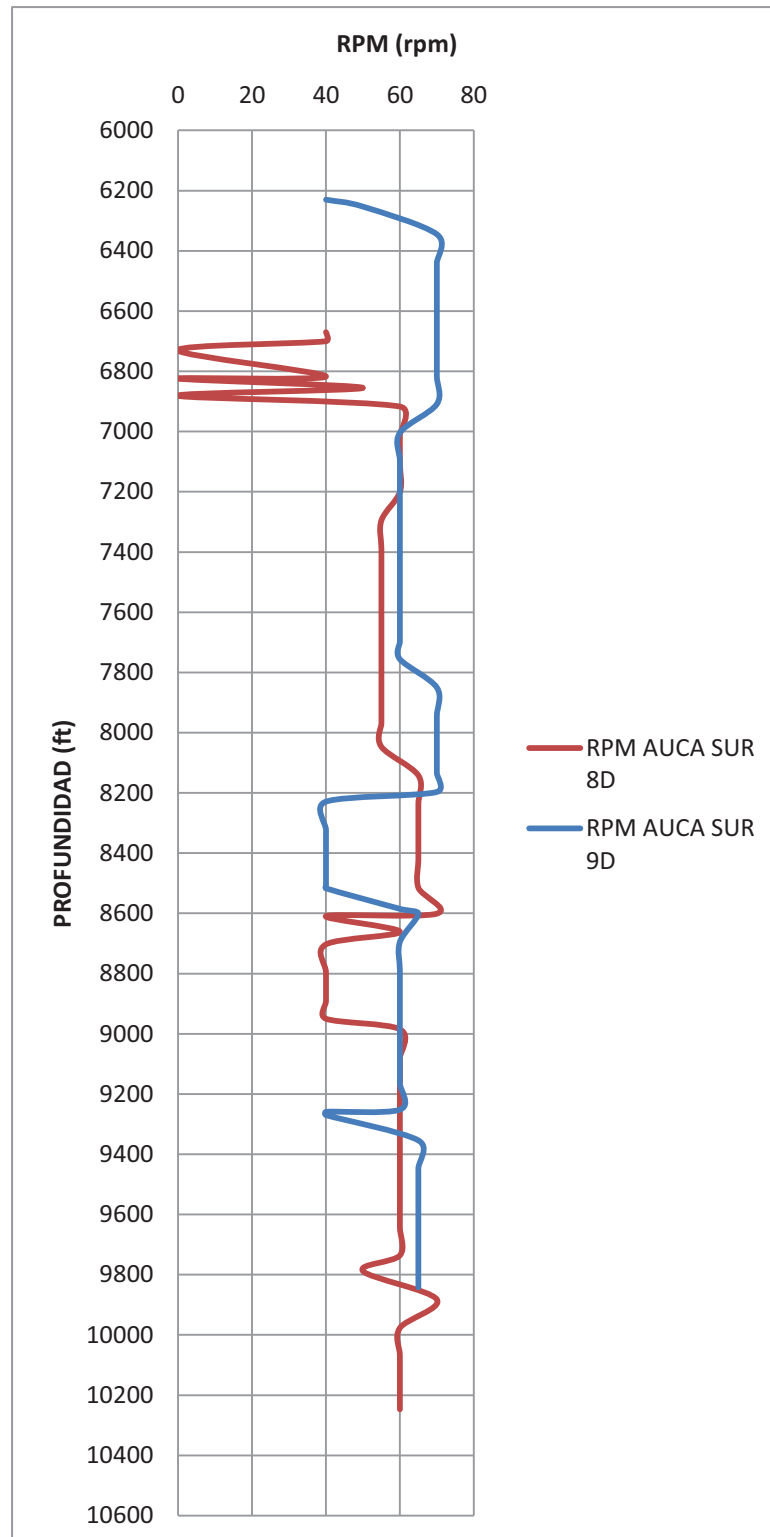
Elaborado por: Jonnathan Fabara

Gráfica 3.19: Sección 12.25" Campo Auca: Presión vs Profundidad

Elaborado por: Jonnathan Fabara

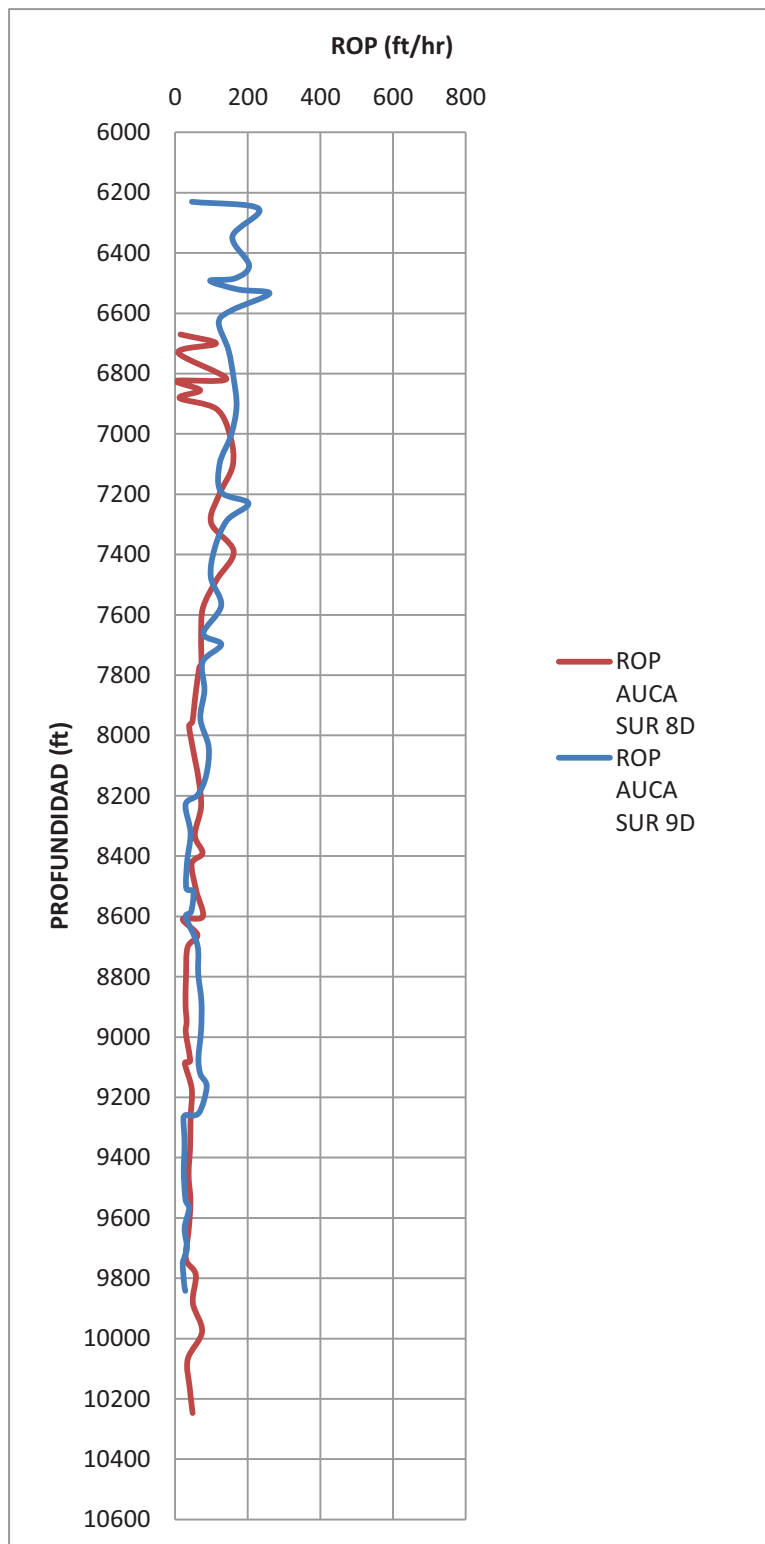
Gráfica 3.20: Sección 12.25" Campo Auca: Torque vs Profundidad

Elaborado por: Jonnathan Fabara

Gráfica 3.21: Sección 12.25" Campo Auca: RPM vs Profundidad

Elaborado por: Jonnathan Fabara

Gráfica 3.22: Sección 12.25" Campo Auca: ROP vs Profundidad



Elaborado por: Jonnathan Fabara

3.1.2.3. Optimización de la sección de 12 ¼"

En la sección de 12.25" se realizó el cálculo de la hidráulica para perforar las mismas en 2 corridas. Se realizaron los mismos cálculos que para la sección de 16". Los resultados obtenidos para la sección de 12.25" se detallan en el Anexo 7, así como para el resto de secciones tanto para este campo como para el Campo Drago y Auca. Como se puede observar los valores obtenidos son de igual manera bajos comparados con los valores de caudal ocupados usualmente en la sección por lo que, al igual que en la sección de 16 pulgadas, se realizarán los cálculos partiendo de un caudal comúnmente usado en esta sección. Los resultados se resumen en la Tabla 3.9 para la primera corrida y en la Tabla 3.10 para la segunda corrida.

Tabla 3.9: Sección 12.25" Campo Auca- Primera Corrida: Optimización a partir de caudal comúnmente usado

Cálculos a partir de caudal comúnmente usado		
Presión Disponible		
Qu=	780.000	Gpm
Pb=	1890.199	Psi
Aj=	0.540	in2
Dj=	10.025	In
Optimización Máxima Fuerza de Impacto		
Presión mínima en superficie=	2848.681	Psi
Qu=	780.000	Gpm
Pbop=	1338.880	Psi
Aj=	0.641	in2
Dj=	10.927	In
Optimización máxima Potencia hidráulica		
Presión mínima en superficie=	4193.891	Psi
Qu=	780.000	Gpm
Pbop=	2684.090	Psi
Aj=	0.453	in2
Dj=	9.183	In

Elaborado por: Jonnathan Fabara

Tabla 3.10: Sección 12.25” Campo Auca-Segunda Corrida: Optimización a partir de caudal comúnmente usado

Cálculos a partir de caudal comúnmente usado		
Presión Disponible		
Qu=	850.000	Gpm
Pb=	1770.252	Psi
Aj=	0.626	in2
Dj=	10.797	In
Optimización máxima Fuerza de Impacto		
Presión mínima en superficie=	3074.996	Psi
Qu=	850.000	Gpm
Pbop=	1445.248	Psi
Aj=	0.693	in2
Dj=	11.359	In
Optimización máxima Potencia hidráulica		
Presión mínima en superficie=	4527.077	Psi
Qu=	850.000	Gpm
Pbop=	2897.329	Psi
Aj=	0.489	in2
Dj=	9.546	In

Elaborado por: Jonnathan Fabara

3.1.3. SECCIÓN DE 8 ½”

3.1.3.1. Sumario de la sección de 8.5” de los pozos perforados en el Campo Auca

La sección de 8 1/2” del campo Auca atraviesa por las formaciones Napo y Hollín las cuales se encuentran principalmente compuestas por arenisca, lutita y caliza. Para perforar las mismas, se ha utilizado una broca cuerpo de matriz, seis aletas con cortadores de 19mm.

A continuación se da una descripción de la perforación de la sección de 8.5” para cada uno de los pozos puestos en análisis.

3.1.3.1.1. *Auca Sur 8D*

Desde 10247 pies hasta 11040 pies MD (Formaciones: Napo, Hollín)

Mantiene la vertical hasta TD.

Se perfora toda la sección de 8 ½” con un intervalo de 793 pies de las formaciones Napo, Hollín, con una broca PDC de 6 aletas, cortadores de 19mm, cuerpo de acero de IADC S424 alcanzando una ROP neta de 52.5 pph.

Perfora taponos, collar, cemento y zapato y 793 pies de las formaciones Napo y Hollín. BHA mantiene la vertical. Se observa que el torque fuera de fondo es de 15-18 con picos de 21 klbs*pies. ROP se vio afectada por la presencia de torque elevado, con picos de hasta 25 klbs*pies, que detiene la rotaria. A 10666 pies se agrega lubricante y el Torque baja a 9-12 klbs*pies. Se puede colocar hasta 400 psi de diferencial, mejorando así la ROP. La broca sale en su mayoría con desgaste en todas las áreas, por astillamiento y delaminación. Mayor desgaste presente en el hombro. Presenta 2 cortadores rotos en el hombro y 1 cortador roto en el calibre. Los cortadores de los up reaming presentan leve desgaste. Las almohadillas del calibre con leve desgaste. Broca en calibre. No reutilizable.

Calificación IADC de Salida: 1 - 1 - CT – A - X - I – BT – TD

3.1.3.1.2. Auca Sur 9D

Desde 9842 pies hasta 10610 pies MD (Formaciones: Napo, Hollín)

Mantiene la Vertical hasta TD

En esta sección se usó, una 1 broca PDC de 6 aletas, cortadores de 19mm cuerpo de matriz, con un IADC de M323, que perfora un intervalo de 768 pies con una ROP neta de 50.7 pph.

Perfora taponos, collar, cemento y zapato y 768 pies de Napo y Hollín. El BHA mantiene la vertical. Se observa que el torque es normal, con picos máximos de 15 klbs*pies. En toda la corrida, la presión estuvo normal. A 10312 pies se bombea píldora para limpiar la broca ya que tendió a caer la ROP al perforar Caolín presente en ese nivel. A 10380 pies se presentó un problema de generadores por lo que se tuvo que disminuir el caudal a 380 gpm hasta superar el problema, luego se normalizó para perforar con 450 gpm según plan.

La broca sale con la estructura de corte interna sin desgaste en su mayoría, excepto por 2 cortadores que presentan astillamiento. En la estructura de corte externa se observa mayor desgaste en el hombro, con la mayoría de

cortadores entre astillados, delaminados y 2 cortadores levemente rotos. El área del calibre presenta la mayoría de cortadores sin desgaste excepto por 1 cortador astillado. En el cuerpo de los cortadores de las áreas del hombro y parte del calibre se observa sobrecalentamiento. Las almohadillas del calibre se presentan con leve desgaste. Los híbridos presentan algo de desgaste. Los cortadores up reaming se presentan sin desgaste excepto por 1 con leve desgaste. La broca está en calibre.

Calificación IADC de Salida: 0 - 1 - CT - A - X - I – WT/BT – TD

En la tabla 3.11 se puede observar un resumen de las corridas de 8 ½” realizadas en el campo Auca.

3.1.3.2. Análisis de la sección de 8 ½”

En la Grafica 3.23 podemos observar que para las dos corridas en los dos pozos, Auca Sur 8D y Auca Sur 9D, tenemos el mismo TFA de 0.778 que dura para toda la sección de 8.5 en este campo.

De igual manera en la Grafica 3.24 podemos observar que el caudal utilizado para ambos pozos es constante para toda la corrida con un valor de 450 gpm. Sin embargo a la profundidad de 10400 pies se da una disminución en el caudal del pozo Auca Sur 9D, a un valor de 380 gpm y después se regresa a su valor original. Esto se debió al daño en los generados que se menciona en el sumario previo.

Tres parámetros hidráulicos que se ven afectados de manera mas notoria son el HSI (Grafica 3.25), FI (Grafica 3.26) y caída de presión en la broca (Grafica 3.29). para el caso del HSI, se puede notar una muy pequeña diferencia en los valores casi insignificante con un valor aproximado de 1.383 HP/in², sin embargo a la profundidad de 10400 pies se puede ver que en el pozo Auca Sur 9D se da una disminución a 0.833 HP/in². Para la el caso de la fuerza de impacto se puede ver que los valores obtenido para ambos pozos son muy similares con un valor de 396 lbs y en el fallo de los generadores se llega a un valor de 282 lbs. Por ultimo la caída de presión en la broca es muy similar para ambos pozos durante toda la corrida con un valor de 298 psi, sin embargo se da una disminución en la caída de presión hasta 213 psi a los 10400 pies.

Tabla 3.11: Tabla Resumen de corridas de 8 ½" en el Campo Auca

Pozo	TFA	Intervalo	Hrs. Net.	ROP Net	Motor	Incl. Salida	Incl. Max	Formaciones	Litología	Calificación
AUCA SUR 8D	0.778	793	15.1	52.5	6 3/4" WTF LE 6/7, 5.0 stg, 0.29 rev/gal, Bend 1.5°	0.43	0.51	Napo, Hollín	Caliza, Arcilla	1-1-CT-A-X-I-BT-TD
AUCA SUR 9D	0.778	768	15.2	50.7	6 3/4" WTF LE 6/7, 5.0 stg, 0.29 rev/gal, Bend 1.15°	0.45	0.5	Napo, Hollín	Caliza, Arcilla	0-1-CT-A-X-I-WT/BT-TD

Elaborado por: Jonnathan Fabara

El trabajo direccional en el los dos pozos (Grafica 3.27) es similar durante la sección sin embargo durante los primeros pies del pozo Auca sur 8D y durante los últimos pies del mismo se puede observar un aumento de hasta 0.26 grados y 0.65 grados respectivamente.

En la Grafica 3.28 se puede observar que el peso sobre la broca es muy similar para ambos casos siendo un valor promedio de 10 y 15 klbs durante toda la corrida y finalizando la misma con un valor cercano a 18 klbs.

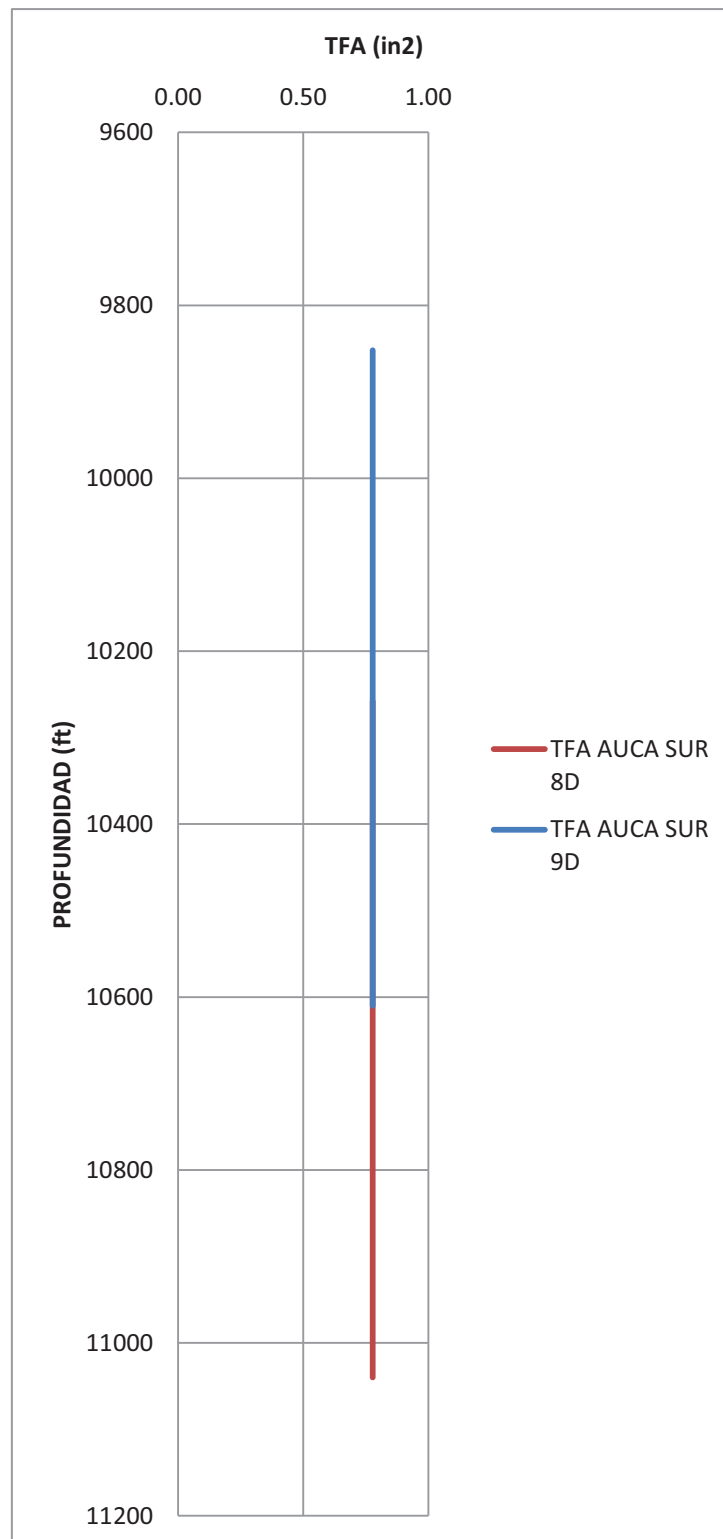
De igual manera se puede ver que en la presión suministrada crece desde los 1400 psi hasta 2000 psi pero sufre una disminución hasta 1800, después de lo cual llega a una presión de 2100 al fin de la sección. Por otro lado la presión en el pozo Auca sur 8D se mantiene con un valor promedio de 2000 psi, que crece desde los 1900 hasta los 2100 al finalizar la corrida. Esto se puede observar en la Grafica 3.30

Por otro lado el torque en el pozo Auca sur 8D mayor durante la corrida con un valor de 20lbs*pie, al valor del Auca Sur 9D con un valor de 9 lbs*pie como se ve en la gráfica 3.31.

En la gráfica 3.32 se puede observar que las RPM aplicadas en el pozo Auca Sur 8D es inferior por 15 rpm al valor del pozo Auca Sur 9D de 65 rpms.

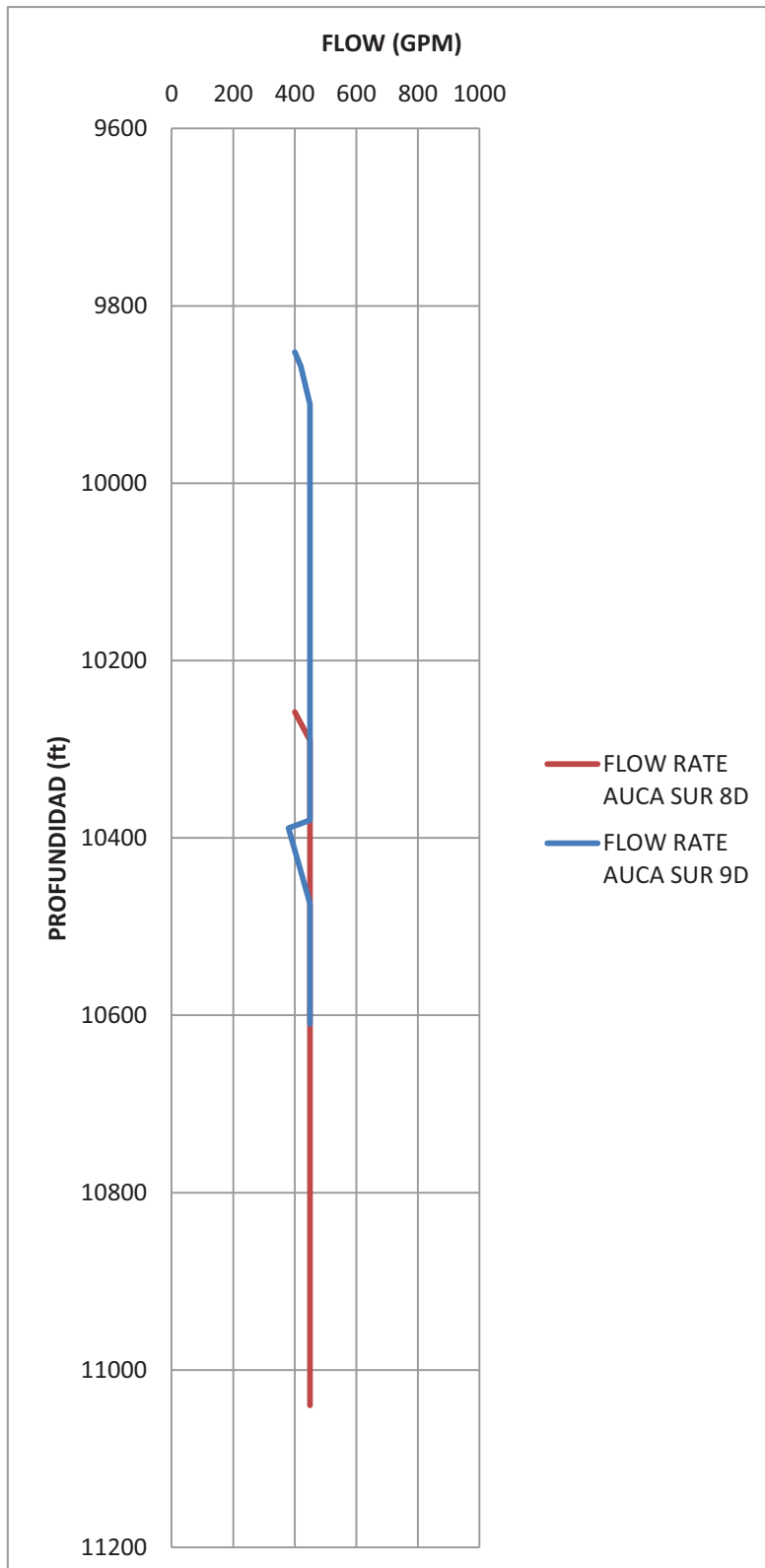
Finalmente, podemos ver que la ROP para los pozos es prácticamente la misma, que tiene su valor entre 34 y 70 pies/hora durante toda la sección para los pozos en discusión.

Por lo tanto podemos decir que debido a que los parámetro aplicados son prácticamente los mismos durante la perforación y que el daño del generados no significo alguna variación en la ROP, el valor del peso aplicado y presión son correctos para esta sección del pozo.

Gráfica 3.23: Sección 8.5" Campo Auca: TFA VS Profundidad

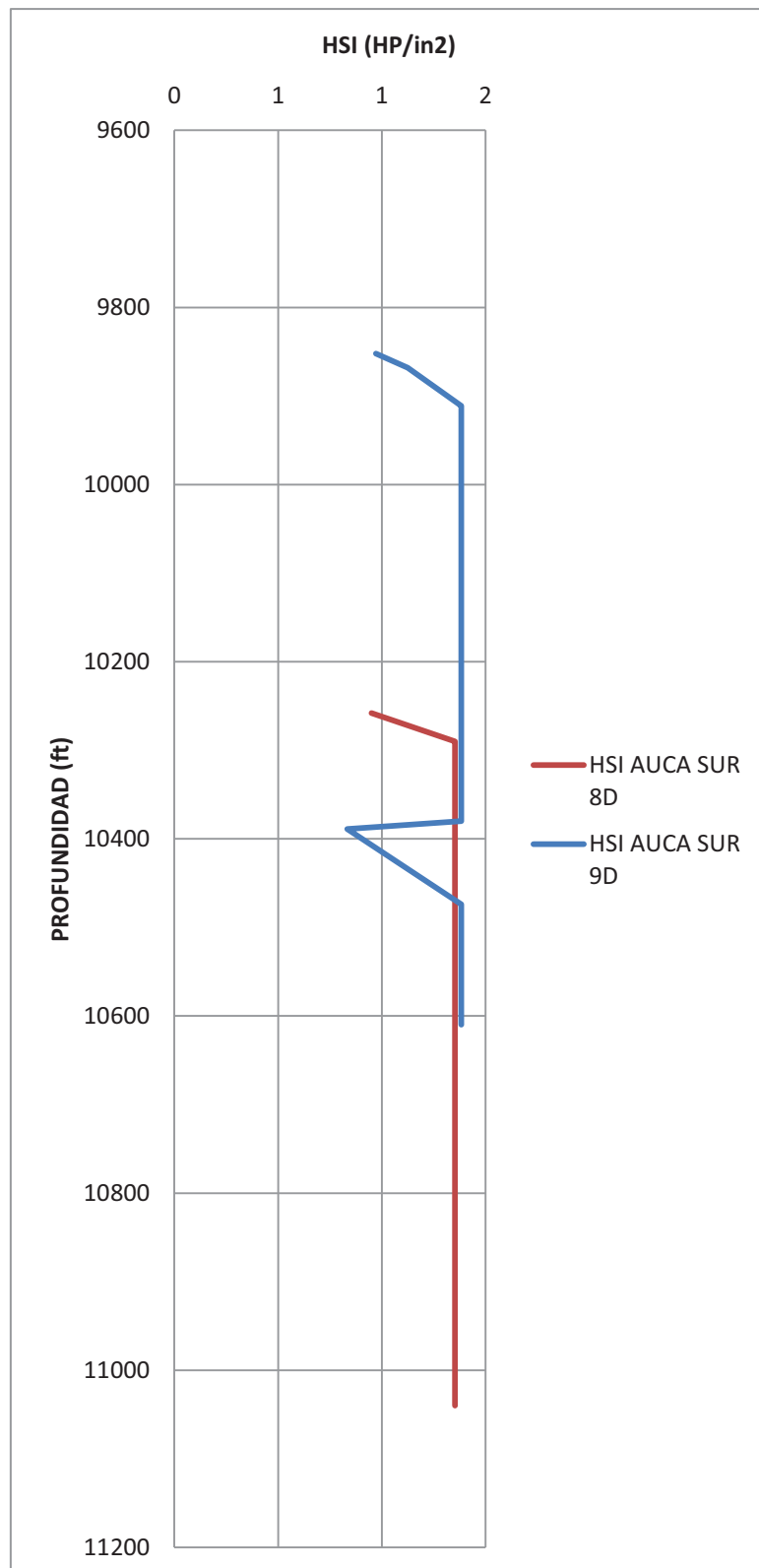
Elaborado por: Jonnathan Fabara

Gráfica 3.24: Sección 8.5" Campo Auca: Caudal vs. Profundidad

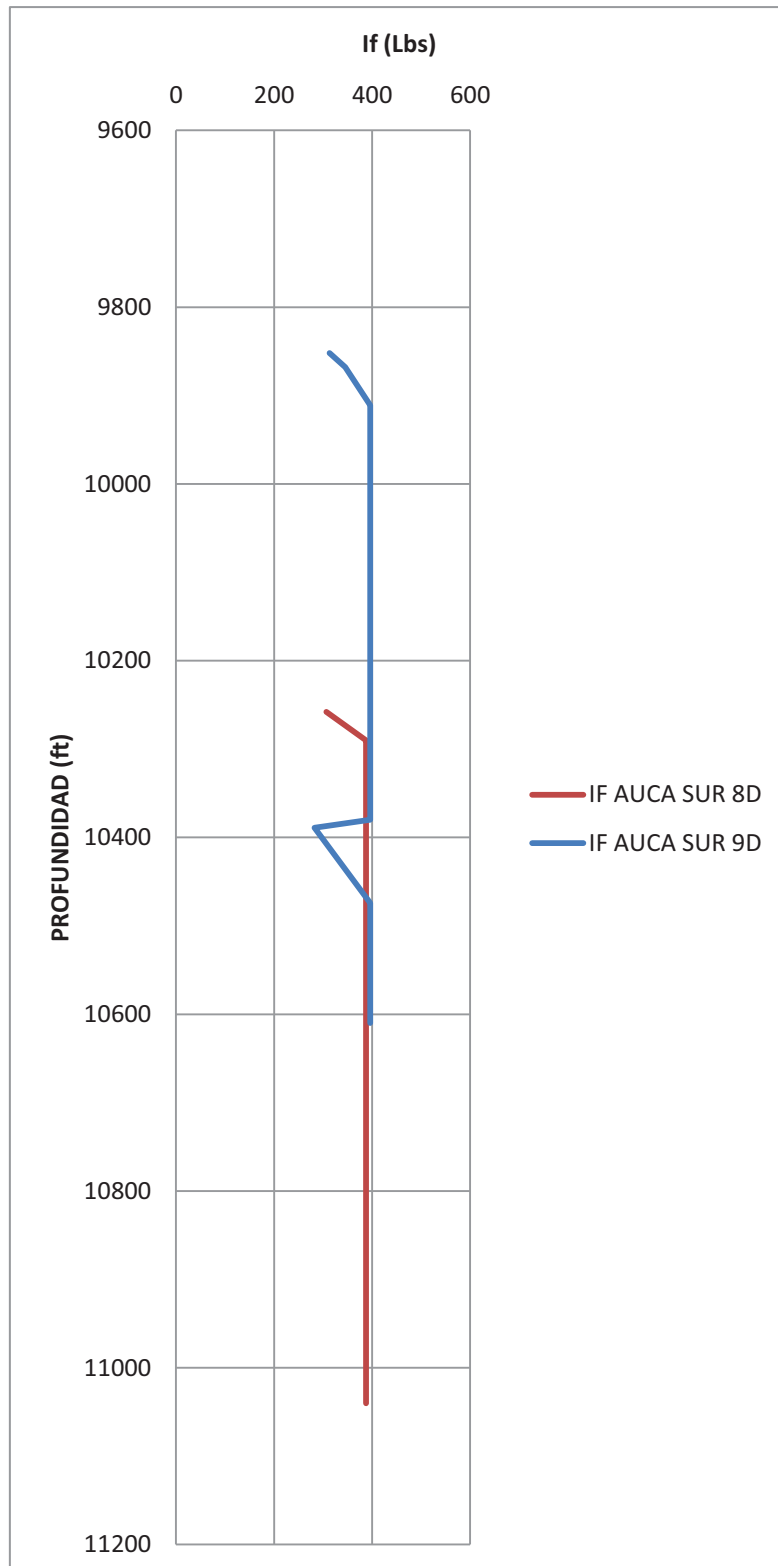


Elaborado por: Jonnathan Fabara

Gráfica 3.25: Sección 8.5" Campo Auca: HSI vs Profundidad

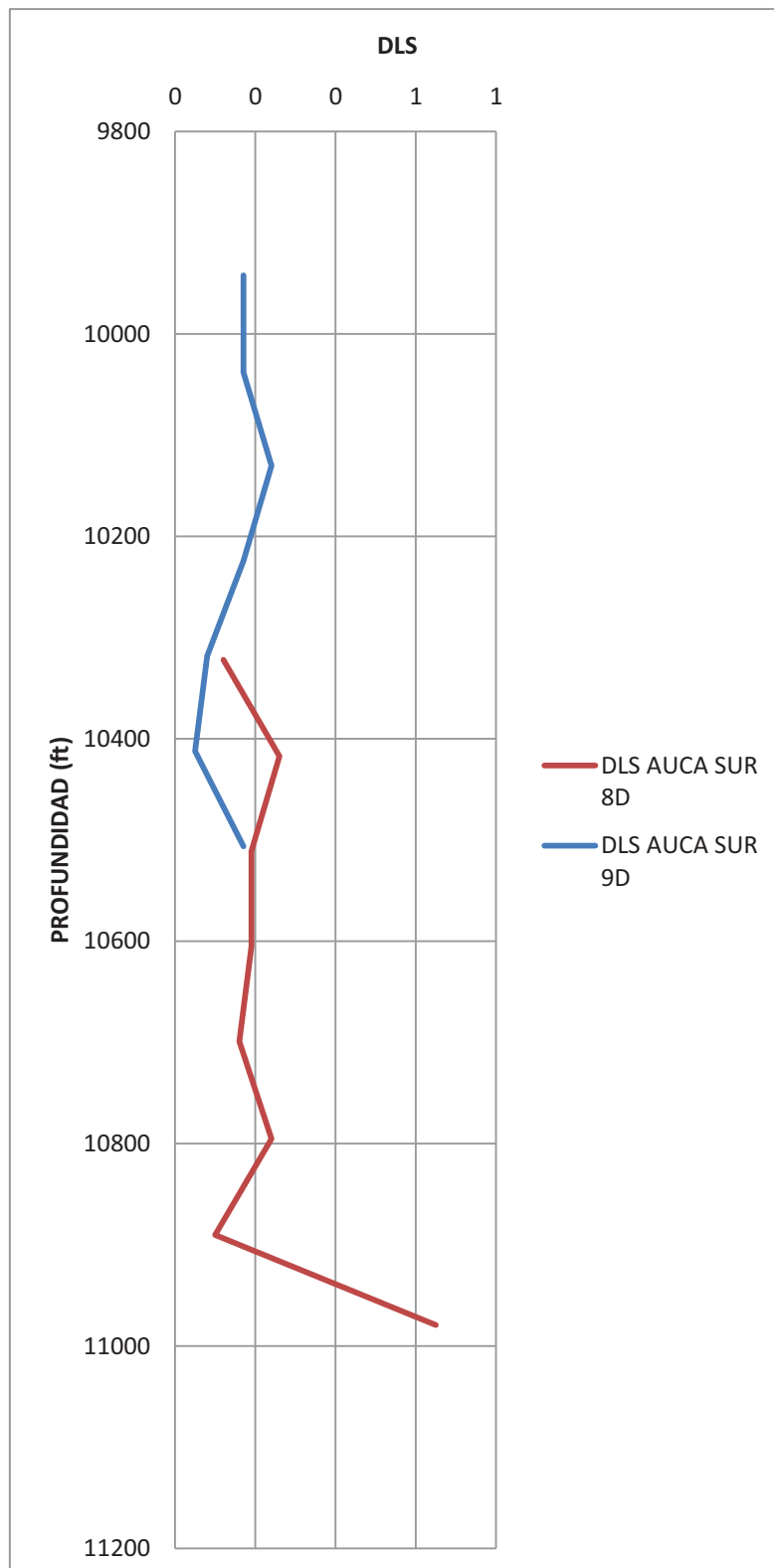


Elaborado por: Jonnathan Fabara

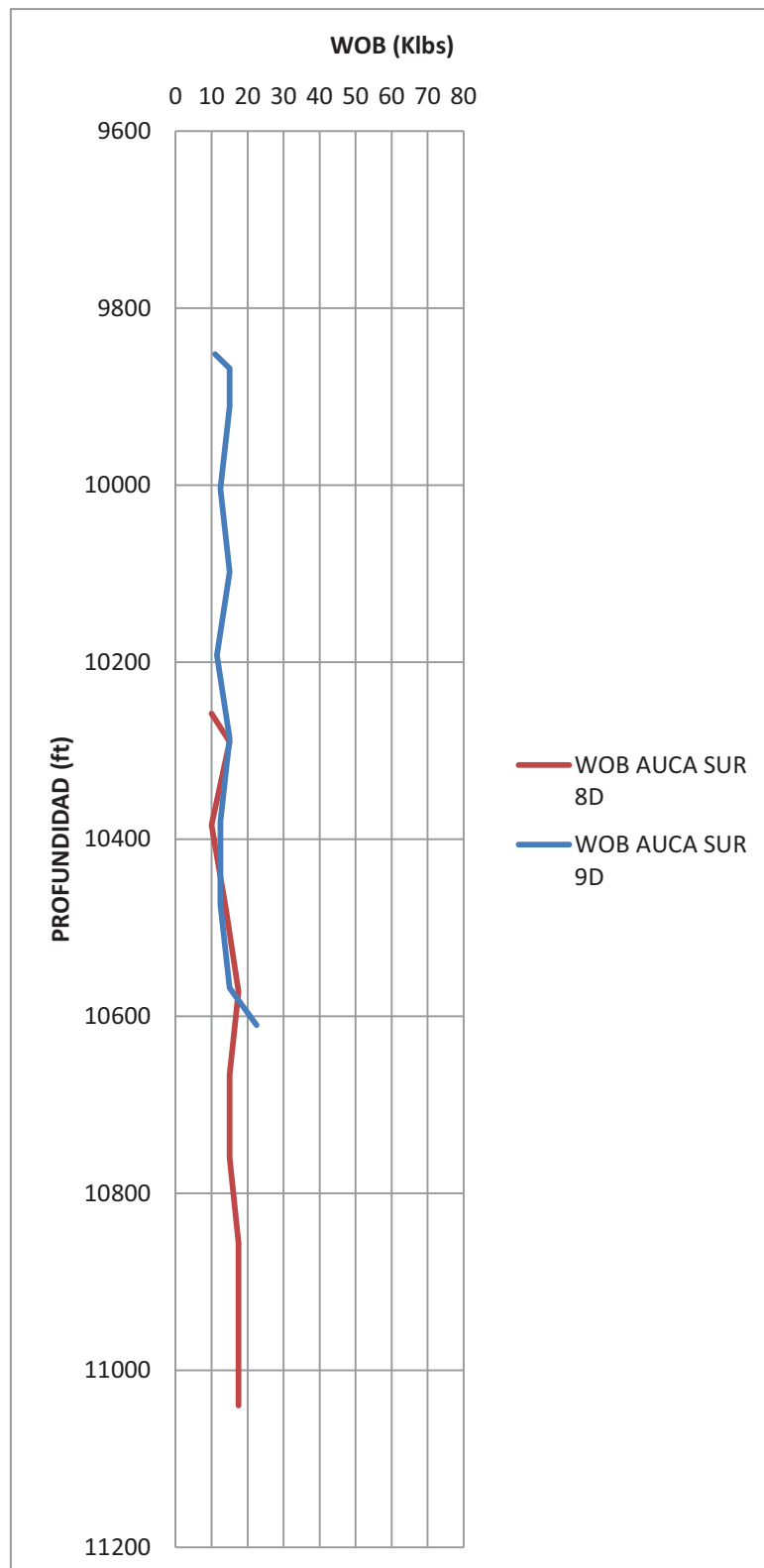
Gráfica 3.26: Sección 8.5" Campo Auca: Jet Impact Force vs Profundidad

Elaborado por: Jonnathan Fabara

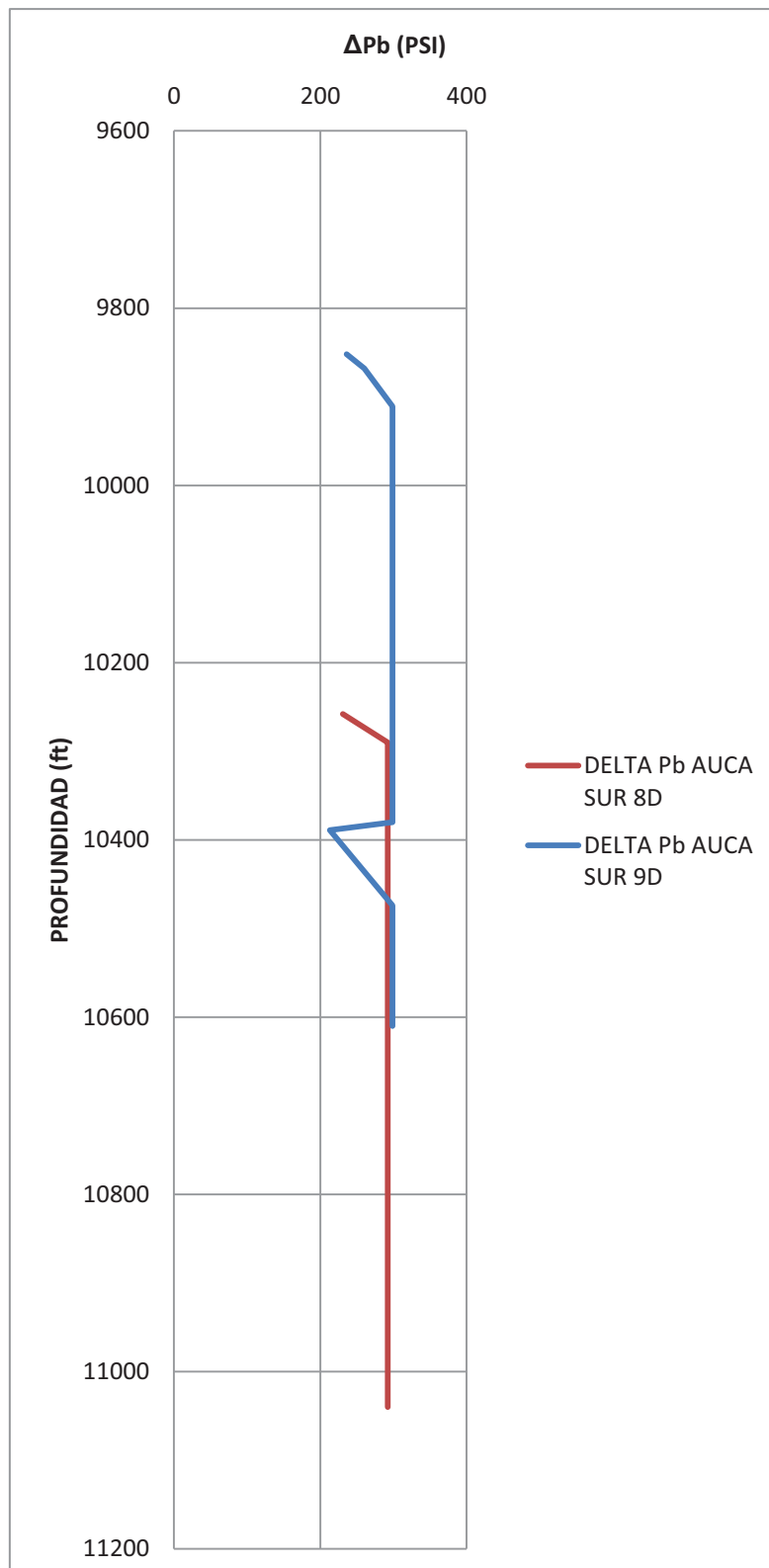
Gráfica 3.27: Sección 8.5" Campo Auca: Dog Leg Severity vs Profundidad



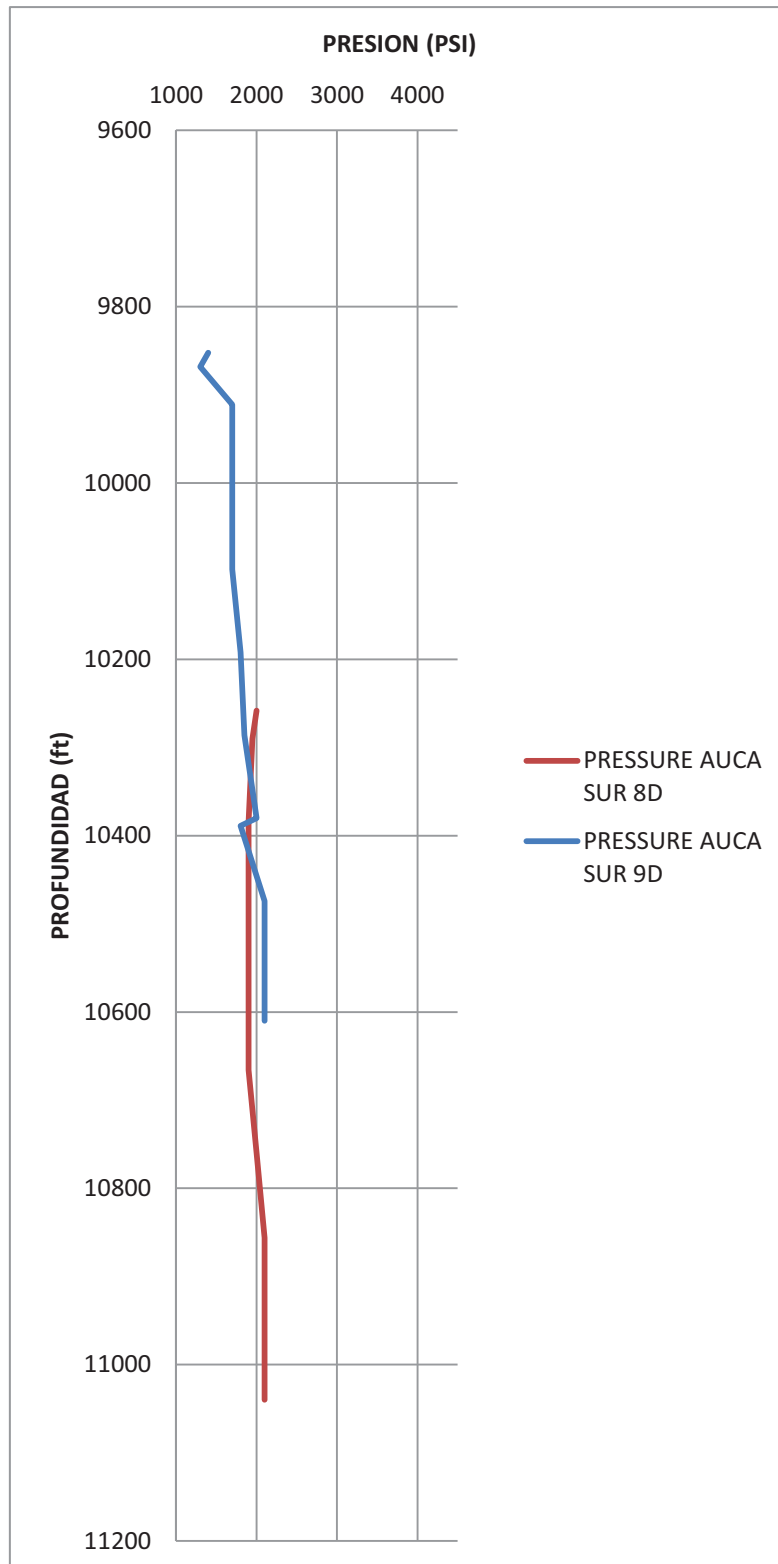
Elaborado por: Jonnathan Fabara

Gráfica 3.28: Sección 8.5" Campo Auca: WOB vs Profundidad

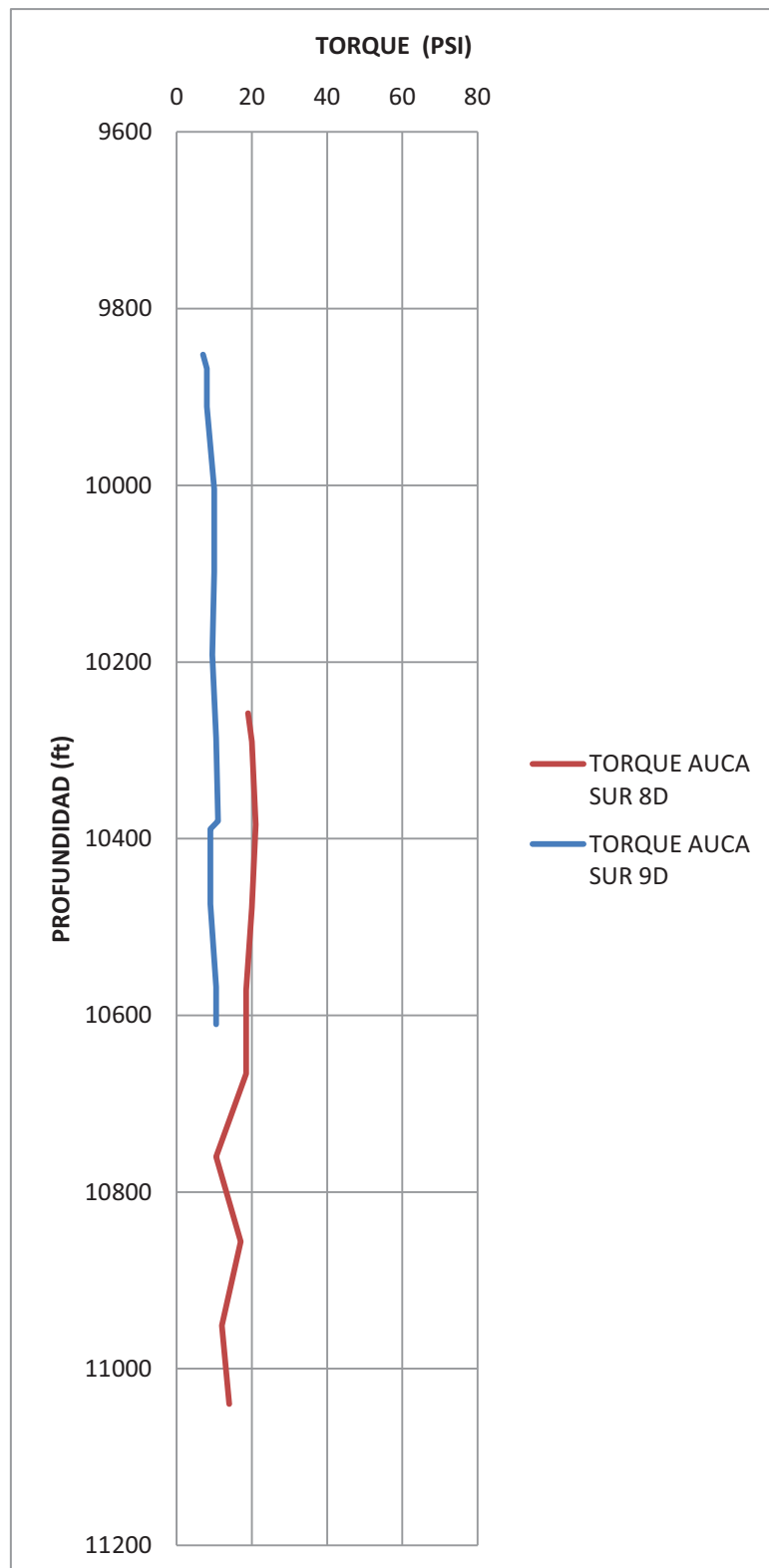
Elaborado por: Jonnathan Fabara

Gráfica 3.29: Sección 8.5" Campo Auca: ΔP_b vs Profundidad

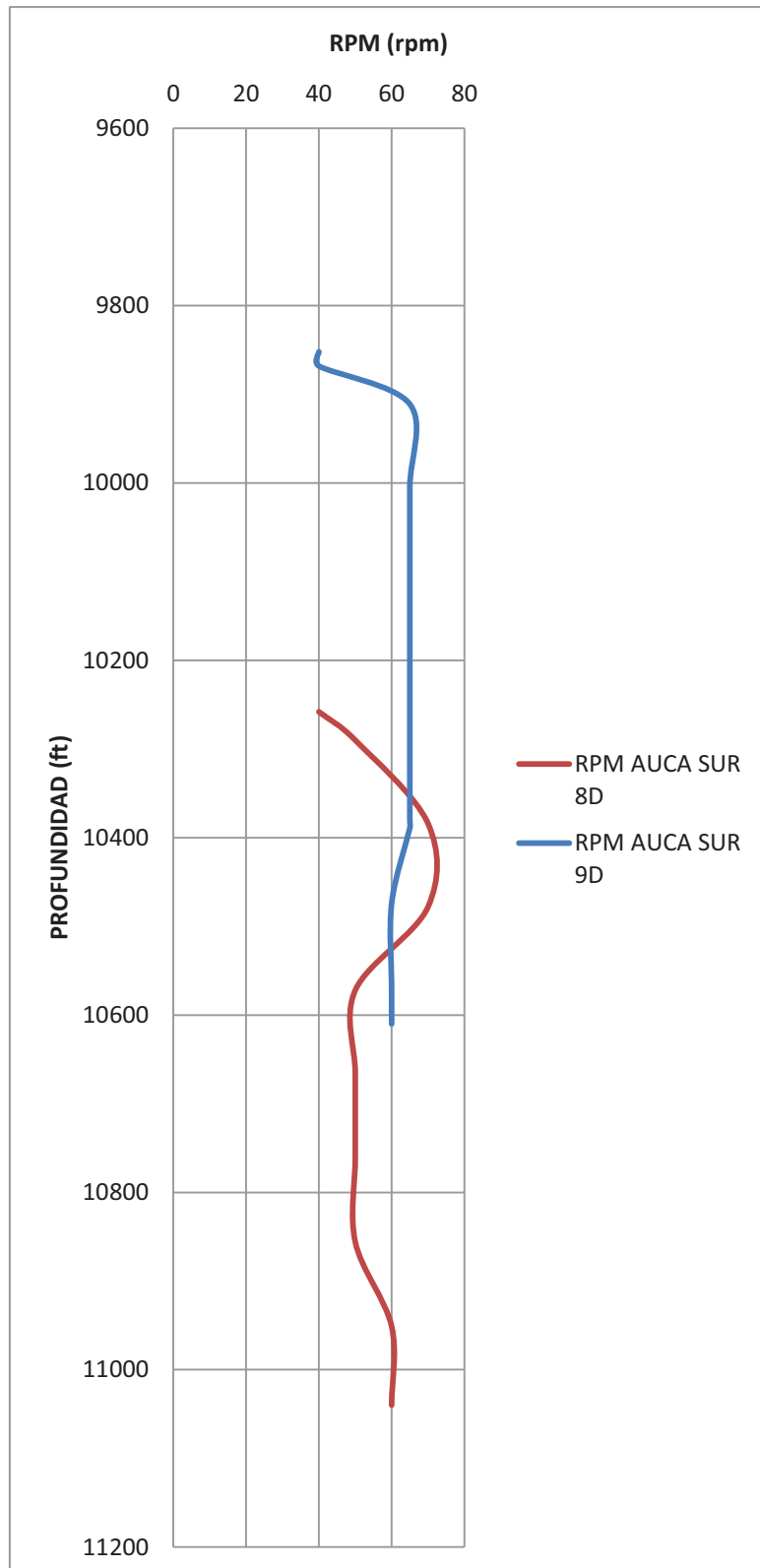
Elaborado por: Jonnathan Fabara

Gráfica 3.30: Sección 8.5" Campo Auca: Presión vs Profundidad

Elaborado por: Jonnathan Fabara

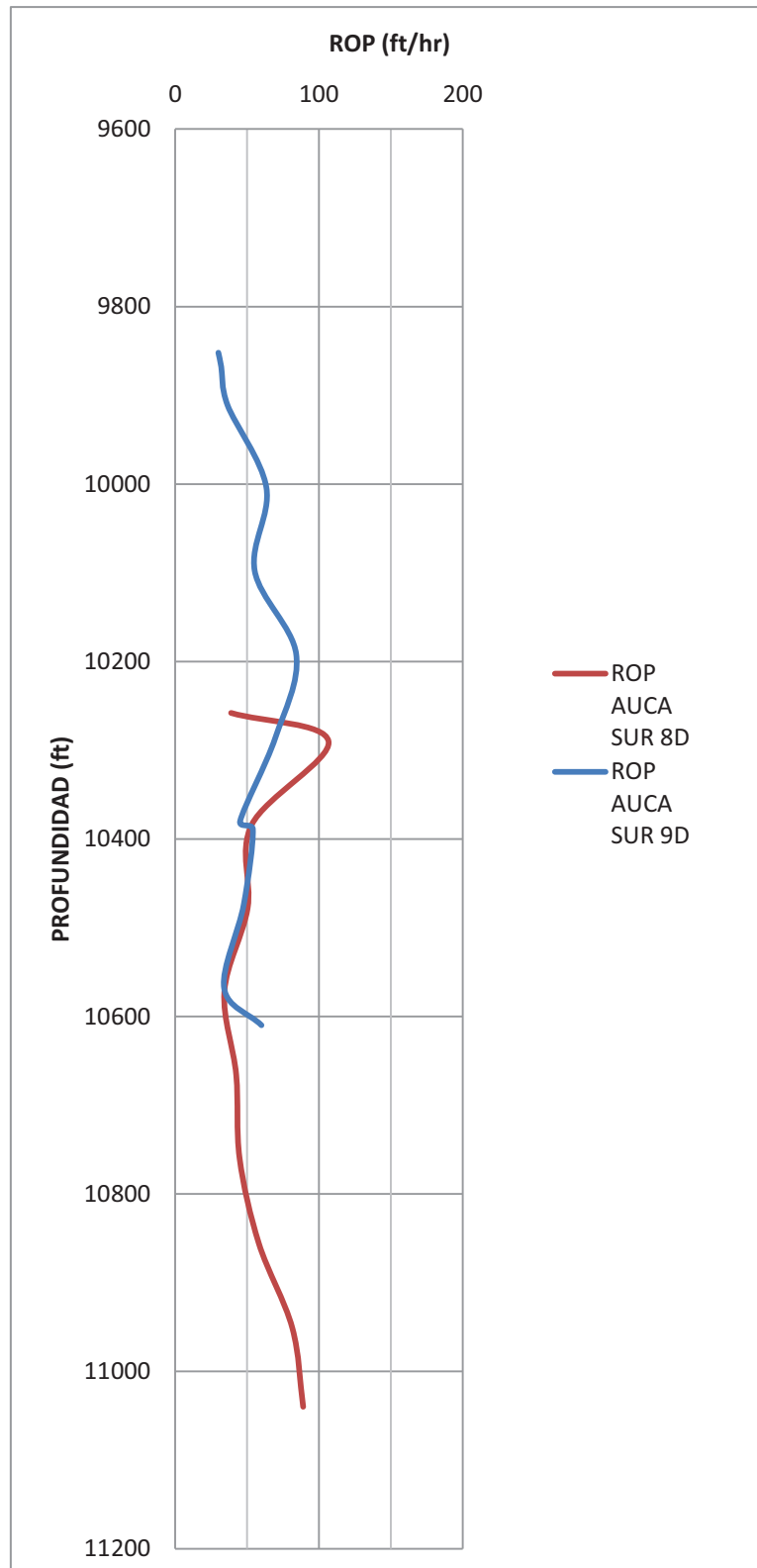
Gráfica 3.31: Sección 8.5" Campo Auca: Torque vs Profundidad

Elaborado por: Jonnathan Fabara

Gráfica 3.32: Sección 8.5" Campo Auca: RPM vs Profundidad

Elaborado por: Jonnathan Fabara

Gráfica 3.33: Sección 8.5" Campo Auca: ROP vs Profundidad



Elaborado por: Jonnathan Fabara

3.1.3.3. Optimización de la sección de 8 ½”

Para la sección de 8.5” del campo Auca se optimizó la hidráulica para una sola corrida con un valor de caudal de 450 gpm. Siendo este el más utilizado en esta sección. Los resultados obtenidos en para la hidráulica son los detallados en la Tabla 3.12.

Tabla 3.12: Sección 8.5” Campo Auca: Optimización a partir de caudal comúnmente usado

Cálculos a partir de caudal comúnmente usado		
Presión Disponible		
Qu=	450.000	Gpm
Pb=	2316.018	Psi
Aj=	0.269	in2
Dj=	7.652	In
Optimización máxima Fuerza de Impacto		
Presión mínima en superficie=	2045.249	Psi
Qu=	450.000	Gpm
Pbop=	961.267	Psi
Aj=	0.418	in2
Dj=	9.534	In
Optimización máxima Potencia hidráulica		
Presión mínima en superficie=	3011.061	Psi
Qu=	450.000	Gpm
Pbop=	1927.079	Psi
Aj=	0.295	in2
Dj=	8.012	In

Elaborado por: Jonnathan Fabara

3.2. ANÁLISIS DE LAS HIDRÁULICAS DEL CAMPO DRAGO

Las brocas ReedHycalog de NOV Downhole del Ecuador, han perforado en el Campo Drago los pozos: Drago Norte 31D, Drago Norte 16D, Drago Norte 21D, Drago Norte 25D, Drago Norte 29 D y Drago Norte 23D, por lo que el estudio de las hidráulica se realizara con la información obtenida de dichos pozos, en cada sección.

Los pozos perforados, el tipo y la profundidad se detallan en la Tabla 3.13.

Tabla 3.13: Pozos Perforados en el Campo Drago

Pozo	Tipo	Profundidad	Taladro
Drago Norte 31D	S	10,920	SINOPEC 169
Drago Norte 16D	S	10,579	SINOPEC 169
Drago Norte 21D	S	10,535	SINOPEC 188
Drago Norte 25D	S	10,265	SINOPEC 188
Drago Norte 29D	J	10,730	SINOPEC 188
Drago Norte 23D	J	10,691	SINOPEC 188

Elaborado por: Jonnathan Fabara

3.2.1. SECCIÓN DE 16”

3.2.1.1. Sumario de la sección de 16” de los pozos perforados en el campo Drago

La sección de 16” del campo Drago atraviesa por las formaciones Terciario indiferenciado y Orteguaza, con una litología compuesta principalmente por Arcilla, Arenisca y Limolita. Para perforar esta sección se ha implementado una broca cuerpo acero, de 5 aletas y cortadores de 19mm.

A continuación se da una descripción de la perforación de la sección de 16” para cada uno de los pozos puestos en análisis.

3.2.1.1.1. *Drago Norte 31D*

Desde 212 pies hasta 6778 pies MD (Formaciones: Terciario Indiferenciado, Orteguaza)

Construye alrededor de 34.08°, mantiene tangente, tumba hasta 23.77°.

Se perforaron 6566 pies de las formaciones Terciario Indiferenciado y Orteguaza con dos broca PDC de acero, 5 aletas y cortadores de 19 mm, obteniendo una ROP neta 118.3 pph

- Corrida No 1

La primera broca perfora hasta 3515 pies, inicia la corrida realizando Drill Out con parámetros controlados y se los incrementa a medida que se profundiza en la perforación llegando a 1000 pies con 1000gpm. Como trabajo direccional construye ángulo hasta 34.08° y mantiene tangente, emplea 15.4% del tiempo. Para esta primera corrida logra una ROP neta de 132.1 pph. La broca solo presenta erosión en su parte interna y sale a superficie para cambio de BHA.

Calificación IADC de Salida: 0 - 0 - NO - A - X - I - ER - BHA

- Corrida No 2

La segunda broca llega hasta los 6778 pies donde se establece el punto de casing. Se incrementa el TFA a 1.086 sq in, se desliza para tumbar ángulo hasta 23.77°, empleando 18.2% del tiempo. Rotando se trabaja con parámetros optimizados 900–950gpm, 60 rpm y 18-20 klbs WOB manteniendo 400 psi de diferencial en el motor. A la profundidad de 6181 pies se disminuye la rotaria en 40 rpm y se mantiene constante 20 klbs WOB para entrar a Orteguaza y evitar que el cambio de formación brusco pueda ocasionar un daño en la estructura de corte de la broca. Alcanza un ROP neta de 107 pph y promedio de 72.5pph. En superficie se aprecia con desgaste natural mínimo en su parte interna y algunos cortadores astillados en el hombro.

Calificación IADC de Salida: 1 - 3 - WT - A - X - I - CT - TD

3.2.1.1.2. Drago Norte 16D

Desde 220 pies hasta 5880 pies (Formaciones: Terciario indiferenciado)

Construye alrededor de 27.63°, mantiene tangente, tumba hasta 12.69°.

Se perforaron 5660 pies de la formación Terciario Indiferenciado con una broca PDC de acero, 5 aletas y cortadores de 19 mm, obteniendo una ROP neta 118 pph

- Corrida No. 1

La Broca inicia corrida realizando Drill Out. A partir de los 290pies se inicia trabajo direccional para construir inclinación hasta los 1556 pies, profundidad a la que se alcanza un ángulo de aproximadamente 28°, en adelante se desliza para mantener tangente. La broca muestra una buena respuesta direccional, deslizando a una ROP instantánea de hasta 90pies/h y manteniendo el tool face. Rotando se tiene una buena rata de penetración, instantáneas de hasta 260 pies/h y se trabaja con un buen caudal de 1000gpm asegurándonos tener un HSI de 2.90 recomendado para atravesar litología arcillosa del Terciario Indiferenciado. Se trabaja con un diferencial de presión de 400psi. Se alcanza los 4002 pies de profundidad y se circula hasta tener retornos limpios en las zarandas y se inicia viaje de calibración a superficie.

Calificación IADC de Salida: 0-1-CT-S-X-I-NO-BHA

- Corrida No. 2

Broca perfora litología arcillosa del Terciario Indiferenciado, realizando trabajo direccional para iniciar la caída de la inclinación del pozo, de 29° hasta 12.3°. Se tiene interferencia en la señal del MWD, por lo que se reduce el caudal a 800gpm. Al perforar de manera rotada la mayoría del tiempo se colocan 45rpm para que la sarta no se vuelva rígida y contribuya a la caída de inclinación. Al aproximarnos a la Formación Orteguzza la ROP paulatinamente va disminuyendo, se incrementa WOB hasta 40Klbs sin observarse diferencial de presión. Se varían parámetros de perforación, consiguiéndose obtener 100 psi de diferencial de presión, al no obtener un mejor avance, ROP: 15pies/h, se decide parar la perforación y establecer punto de casing a esta profundidad. Al salir la broca se observa cortadores rotos principalmente localizados en la nariz y hombro de su estructura de corte externa, la broca se encuentra en calibre y como desgaste secundario se aprecia sobrecalentamiento de la mayoría de cortadores.

Calificación IADC de Salida: 1-4-BT-N/S-X-I-HC-PR

3.2.1.1.3. *Drago Norte 21D*

Desde 263 pies hasta 5880 pies (Formaciones: Terciario indiferenciado, Orteguzza)

Construye alrededor de 27.83°, mantiene tangente, tumba hasta 12.69°.

En esta sección se usa 1 broca PDC cuerpo de Acero de 5 aletas con cortadores de 19mm para perforar 5617 pies pertenecientes a las formaciones Terciario indiferenciado y Orteguzza perforando la sección en 2 corridas. Se alcanza una ROP neta de 88 pph.

- Corrida No. 1

Broca realiza Drill Out con parámetros: 2-10 klbs, 40 RPM y 450 gpm e inicia con 40 RPM, WOB 4-5Klbs, 600 gpm, los cuales se aumentan a medida que se gana profundidad hasta llegar a 50 RPM, WOB 5-15 klbs, 1000 gpm. Perfora verticalmente hasta 413 pies, donde se construye deslizando y rotando hasta 25.16° a 1638 pies, para de ahí llegar solamente rotando a los 27° al punto de

la tangente. Se realizaron correcciones para mantener la tangente 27° deslizando en 4 ocasiones 15 pies, 15 pies, 10 pies y 29 pies. Se trabajo con una presión diferencial de 400 psi rotando y 200 psi deslizando. Cuando la presión llego hasta 3500 psi se decidió reducir el caudal a 950-900 gpm para trabajar con la máxima presión diferencial de 400 psi y no exceder la presión máxima del taladro de 3600 psi. El desempeño se vio afectado por varios factores daño en las bombas, daño del top drive al aplicar demasiado peso, tiempo alto para toma de surveys, demora en tiempo para deslizar. Al trabajar con cambios de bombas las presiones registradas a un mismo caudal son diferentes. Se observa una presión anormal de 400 psi en exceso. Broca presenta desgaste en 4 cortadores de la aleta No. 4, y otros 4 en el área del hombro, no presenta ninguna otra característica de desgaste. La razón de salida fue por llegar a las 40 horas de perforación.

Calificación IADC de Salida: 0 – 1 – CT – T/S – X – I – NO – HR.

- Corrida No 2

Se arma BHA #3 direccional cambiando el estabilizador anterior por uno de 15 3/4" y abriendo el TFA a 1.086 para mantener la presión del taladro y no exceder de la misma de 3600 psi. Se trabaja con 900 gpm, 60 RPM, WOB 20-25 rotando y 900 gpm y WOB de 15-20 klbs deslizando para tumbar el ángulo. Se presenta problemas de colgamiento de la sarta al deslizar, ocasionando que el motor se estolee en algunas ocasiones, esto ha afectado la rata de penetración, ya que se perforó deslizando a una ROP promedio entre 8-12 pies/h con un tiempo de 2,5 horas por parada deslizando alrededor de 20-35 pies . Además en ciertos momentos se detiene la perforación por daños en las bombas. En lo últimos 800 piess se trabaja con 850-830 gpm, 60-50 RPM, WOB 15-30 klbs rotando aplicando 400 psi de presión diferencial y 850 gpm, WOB 5-15 klbs deslizando aplicando una presión diferencial entre 100-150 psi. Se inyecta lubricante al sistema a 5585 pies, pero no se observó mayores beneficios con respecto al colgamiento que tenía la sarta. Se circuló por 1 hora para limpiar el anular. Durante toda la corrida se presenta un exceso de presión de 400 psi por lo que se tiene que bajar el caudal en varias ocasiones para no sobrepasar la presión límite. La broca presenta desgaste en varios cortadores de la aleta No.4, en el área del hombro, no presenta ninguna otra

característica de desgaste, más que un poco de erosión en la aleta No. 2. La razón de salida fue por llegar a TD.

Calificación IADC de Salida: 0 – 1 – CT – T/S – X – I – NO – TD.

3.2.1.1.4. Drago Norte 25D

Desde 263 pies hasta 5689 pies (Formaciones: Terciario indiferenciado, Orteguaza)

Construye alrededor de 17.48°, mantiene tangente, tumba hasta 1.45°.

En esta sección se usa 1 broca Tricónica de dientes que perfora 150 pies de la formación Terciario Indiferenciado alcanzando una ROP neta de 54pph en una corrida, y una broca PDC, cuerpo de Acero de 5 aletas, con cortadores d 19mm para perforar 5276 pies de las formaciones Terciario indiferenciado y Orteguaza en dos corridas, y se alcanza una ROP neta de 118 pph.

- Corrida No 1

Se perforó Terciario Indiferenciado con broca tricónica T11 (IADC: 115M), un intervalo de 150 pies con una ROP neta 54.0 pph. El BHA que se utilizó fue direccional. Continúa el control de parámetros al inicio de la corrida con bajo caudal y WOB hasta el final de la corrida.

Calificación IADC de Salida: 1 - 1 - WT - A - E - I - NO – FM

- Corrida No 2

Se perforó la formación Terciario Diferenciado con broca de acero un intervalo de 4029 pies con una ROP neta de 147.6 pph.

Se optimizan parámetros progresivamente hasta bombear 950 gpm, se comienza primer KOP a 413 pies deslizándose para construir ángulo con tool face estable, mantener tangente, hasta el viaje de superficie para cambio de BHA y TFA.

Calificación IADC de Salida: 0 - 1 - WT - S - X - I - ER – BHA

- Corrida No 3

Se perforó en la 2da corrida las formaciones Terciario Diferenciado y parte de Orteguaza un intervalo de 1247 pies con una ROP neta de 78.2 pph.

Se comienza segundo KOP inmediatamente, deslizando para tumbar ángulo con tool face estable y ROP alta, en los últimos trabajos direccionales para poder verticalizar el pozo baja la ROP, pero se consigue dejar el pozo verticalmente sin mayores problemas, se controlan parámetros para perforar formación Orteguaza.

Calificación IADC de Salida: 0 - 1 - WT - SG - X - I - ER – TD

3.2.1.1.5. *Drago Norte 29D*

Desde 290 pies hasta 5813 pies MD (Formaciones: Terciario Indiferenciado, Orteguaza)

Construye desde 1.67° a 23.51° y mantiene tangente.

Se perforó la formación Terciario indiferenciado y parte de formación Orteguaza con broca PDC cuerpo de acero, 5 aletas y cortadores de 19mm en una sola corrida intervalo de 5523 pies con una ROP neta de 156.1 pies/hora. Se optimizan parámetros progresivamente hasta bombear 950 gpm y se comienza 1er KOP a 300 pies, deslizando para construir ángulo con tool face estable, mantener tangente, hasta finalizar la sección.

Calificación IADC de Salida: 1 - 1 - CT - A - X - I – ER/LT – TD

3.2.1.1.6. *Drago Norte 23D*

Desde 285 pies hasta 5689 pies (Terciario indiferenciado, Orteguaza)

Construye desde 1.63° hasta 22.21° y mantiene tangente.

Se perforó la formación Terciario indiferenciado y parte de formación Orteguaza con broca cuerpo de acero, 5 aletas y cortadores de 19mm, en una sola corrida un intervalo de 5512 pies con una ROP neta de 173.8 pph. Se optimizan parámetros progresivamente hasta bombear 950 gpm. Se comienza primer KOP a 475 pies deslizando para construir ángulo con tool face estable, mantener tangente, hasta finalizar la sección. No se presentan dificultades en toda la perforación.

Calificación IADC de Salida: 0 - 1 - CT – T/S/G - X - I – ER/WT – TD

En la Tabla 3.14., se resumen las corridas de las brocas para la sección de 16” para los pozos en análisis.

Tabla 3.14: Tabla Resumen de corridas de 16” en el Campo Drago

Pozo	TFA	Intervalo	Hrs. Net.	ROP Net	Motor	Incl. Salida	Incl. Max	Formaciones	Litología	Calificación
DRAGO NORTE 31D	0.85	3,303	25	132.1	9 5/8" WTF 7/8 5.7 stg, 0.127 rev/gal, Bend 1.50°	33.56	33.66	Terciario Indiferenciado	Arcilla, Limolita, Conglome rado, arenisca	0-0-NO-A-X-I-ER-BHA
DRAGO NORTE 31D	1.086	3,263	30.5	107	9 5/8" WTF 7/8 5.7 stg, 0.127 rev/gal, Bend 1.50°	23.77	34.08	Terciario Indiferenciado, Orteguaza	Arcilla, Limolita, Arenisca	1-3-WT-A-X-I-CT-TD
DRAGO NORTE 16D	0.863	3,782	23.8	158.9	9 5/8" WTF 7/8 5.7 stg, 0.127 rev/gal, Bend 1.50°	27.63	27.63	Terciario Indiferenciado	Arcilla, Arenisca, Limolita, Anhidrita	0-1-CT-S-X-I-NO-BHA
DRAGO NORTE 16D	0	1,878	24	78.3	9 5/8" WTF 7/8 5.7 stg, 0.127 rev/gal, Bend 1.50°	12.69	27	Terciario Indiferenciado	Arcilla, Limolita, Arenisca, Anhidrita, Lutita	1-4-BT-N/S-X-I-HC-PR
DRAGO NORTE 21D	0.958	3,615	26.3	137.5	9 5/8" WTF 7/8 5.0 stg, 0.12 rev/gal, Bend 1.50°	27.8	28.6	Terciario Indiferenciado	Arcilla, Arenisca, Limolita	0-1-CT-T/S-X-I-NO-HR
DRAGO NORTE 21D	1.086	2,002	37.4	53.6	9 5/8" WTF 7/8 5 stg, 0.12 rev/gal, Bend 1.50°	5	28.1	Terciario Indiferenciado, Orteguaza	Arcilla, Arenisca, Limolita, Lutita	0-1-CT-T/S-X-I-NO-TD

Elaborado por: Jonnathan Fabara

Tabla 3.14.- Tabla Resumen de corridas de 16" en el Campo Drago (Continuación)

DRAGO NORTE 25D	0.714	150	2.8	54	9 5/8" WTF 7/8 5.7 stg, 0.127 rev/gal, Bend 1.50°	0.51	0.51	Terciario Indiferenciado	Conglome rado, Arenisca, Arcilla	1-1-WT-A-E-I-NO-FM
DRAGO NORTE 25D	0.863	4,029	27.3	147.6	9 5/8" WTF 7/8 5.7 stg, 0.127 rev/gal, Bend 1.50°	17.48	20.57	Terciario Indiferenciado	Arcilla, limolita, Arenisca	0-1-WT-S-X-I-ER-BHA
DRAGO NORTE 25D	1.086	1,247	16	78.2	9 5/8" WTF 7/8 5.7 stg, 0.127 rev/gal, Bend 1.50°	1.45	16.03	Terciario Indiferenciado, Orteguaza	Arcilla, Arenisca, Limolita, Lutita	0-1-WT-S/G-X-I-ER-TD
DRAGO NORTE 29D	1.086	5,523	35.4	156.1	9 5/8" WTF 7/8 5.7 stg, 0.127 rev/gal, Bend 1.50°	23.51	24.63	Terciario Indiferenciado, Orteguaza	Arcilla, Arenisca, Limolita, Lutita	1-1-CT-A-X-I-ER/L-T-TD
DRAGO NORTE 23D	1.086	5,512	31.7	173.8	9 5/8" WTF 6/7 5.0 stg, 0.12 rev/gal, Bend 1.50°	22.21	23.22	Terciario Indiferenciado, Orteguaza	Arcilla, Arenisca, Limolita, Lutita	0-1-CT-TSG-X-I-WT/ER- TD

Elaborado por: Jonnathan Fabara

3.2.1.2. Análisis de la hidráulica sección de 16"

Para el análisis del campo Drago, se tomará en cuenta los pozos Tipo "S" y Tipo "J" por separado, puesto que en ambos casos, el trabajo direccional es diferente. Esto se realizará para la sección de 16, 12.25 y 8.5 pulgadas

En la Gráfica 3.34 en los pozos tipo "S" se puede observar que hay una variación del TFA a aproximadamente desde 0.863 a 1.086 in², desde los 3100 pies hasta los 4400. En cambio en los pozos tipo "J", se observa que se tiene un solo TFA de 1.086 para toda la corrida.

El caudal, Gráfica 3.35, empleado para el los pozos Tipo "S", se incrementa desde 550 gpm hasta 950 gpm que se mantiene por 3900 pies después de lo cual disminuye hasta los 900 gpm. En los pozos tipo "J", el caudal va desde 500 gpm hasta 950 gpm para al final de la corrida disminuir a 890 gpm. Se da un decremento de 50 gpm en caudal aproximadamente a los 2662 pies que se mantiene por 500 pies aproximadamente, y después vuelve a la normalidad y a la profundidad de 3900 pies se observa de igual manera un leve decremento a 915 hasta los 4600 pies después de los cuales vuelve a su valor original y decrece el valor del caudal.

El efecto de la variación el caudal se puede ver reflejado en el cambio que sufre el HSI tanto para los pozos tipo S como para los tipo J. Para los pozos tipo "S" se puede ver que el valor promedio para la sección de 16" comienza con 0.791, el cual después crece hasta 3.179 y al finalizar la sección tiene un valor de 1.74 HP/in². Por otro lado el valor de los pozos tipo "J", comienza con un valor de 0.305, después crece hasta 2.089 y al finaliza la sección tiene un valor de 1.89 HP/in². Esto se lo puede observar en la Grafica 3.36.

De igual manera, en la Gráfica 3.37 se puede observar que para los pozos tipo "S" tiene un valor inicial de fuerza de impacto de 600 lbs aproximadamente para después incrementar su valor hasta 1700 lbs y terminar la sección con un valor de 1150 lbs. Para los pozos tipo "J", la sección empieza con un valor de 390 lbs el cual incrementa su valor hasta 1400 y al terminar la corrida llega a un valor de 1230 lbs.

En la Gráfica 3.38 se puede observar que para ambos pozos hasta los 1800 pies se realiza el trabajo direccional más intenso, esto se debe a que en esta

etapa se realiza la construcción del ángulo. Sin embargo en los pozos Tipo S, desde los 4200 pies hasta el final de la sección se incrementa el trabajo direccional, debido a que se tumba ángulo para dejar el pozo vertical. En cambio en los pozos tipo "J" se mantiene valores de DLS bajos debido a que se busca mantener la tangente hasta el final de la sección.

Con respecto al peso aplicado sobre la broca, se puede saber de la Gráfica 3.39 que para los pozos tipo "S" se tiende a tener un peso promedio de 15 klbs durante los primeros 1800 pies, después de los cuales aumenta hasta un valor máximo de 30 klbs que se mantiene variable para el resto de la sección. De igual manera para los pozos tipo "J", el valor promedio durante los primeros pies tiene un valor promedio de 15klbs mientras que al finalizar la corrida mantiene un valor promedio de 35 a 40 klbs.

La Gráfica 3.40 para los pozos tipo "S" se puede ver que durante el inicio de la corrida se tiene un valor de 361 psi de caída de presión en la broca la cual aumenta a los 1200 psi a los 100 pies y disminuye hasta 670 psi al finalizar la corrida desde aproximadamente los 3800 pies de profundidad. Por otro lado para los pozos tipo "J" tiene un valor inicial de 200 psi que aumenta hasta 760 psi y disminuye hasta 640 desde los 4650 pies hasta el fin de la sección.

La presión aplicada para los pozos tipo "S" se puede ver que incrementa hasta un valor 2700 a los 1050 pies y aumenta hasta los 3500 psi a los 2300 pies, valor que se mantiene hasta el fin de la corrida. Un similar comportamiento se puede ver en los pozos tipo "J" puesto que la presión aumenta paulatinamente hasta un valor de 3550 psi a los 3500 pies hasta el final de la sección.

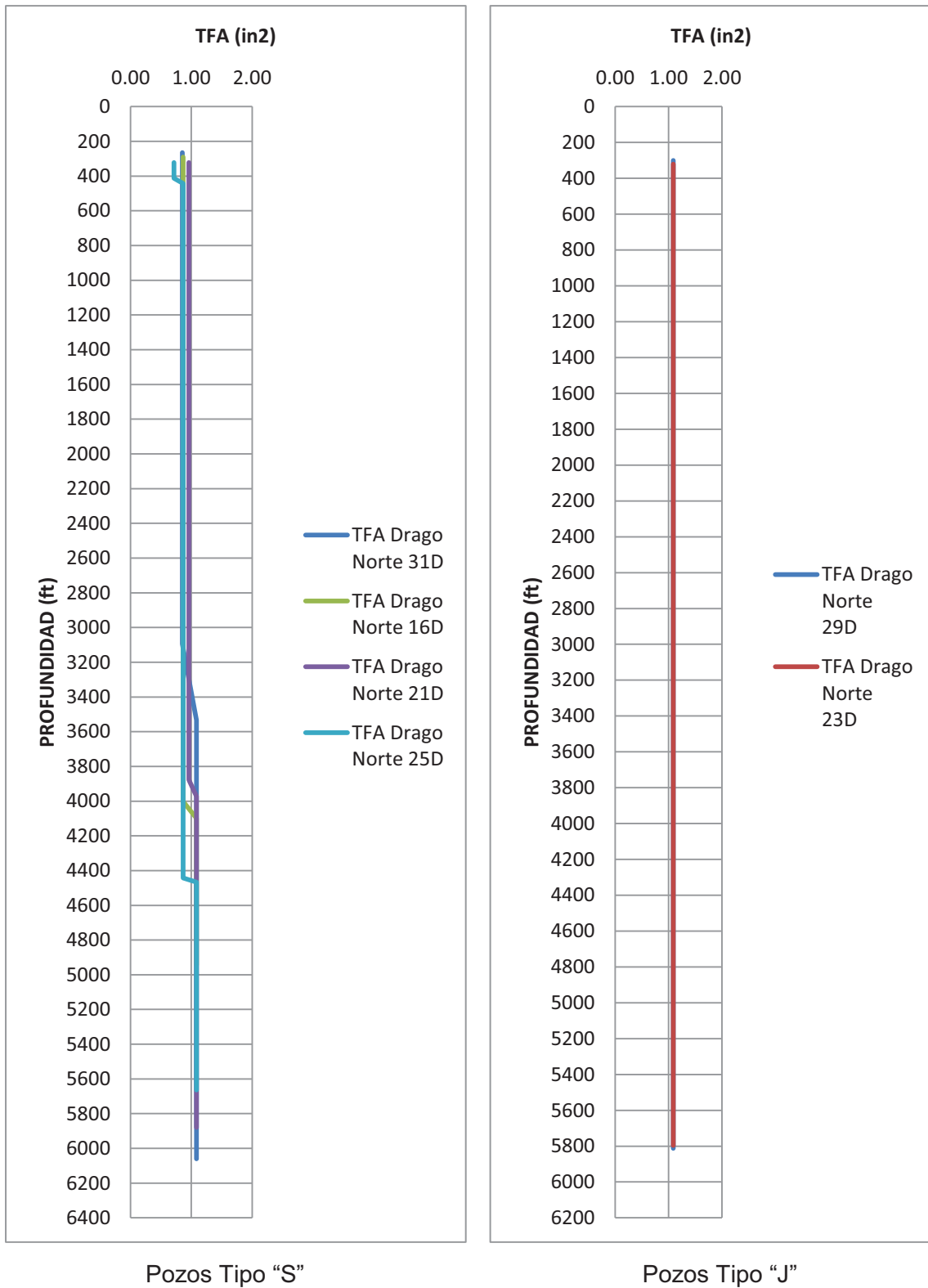
Para la gráfica 3.42 muestra que para el caso de los pozos tipo "S" y tipo "J" el incremento del torque es muy similar. Para ambos casos empieza con valores 4.5 y aumenta a un valor promedio de 14 al finalizar la corrida.

En el caso de las RPM aplicadas (Gráfica 3.43), se puede ver que para los pozos tipo “S”, durante los primeros 1600 pies se aplica un valor de 40 rpm, valor que después se incrementa hasta 60 rpm hasta los 5200 pies después de lo cual disminuye hasta 40 rpm durante los últimos pies de la sección. Por otro lado en los pozos tipo “J” se puede ver un valor inicial de 45 rpm hasta los 3300 pies que después aumenta hasta un valor de 65 rpm hasta finalizar la sección. Esto se puede observar en la Gráfica 3.41

Finalmente, en la Gráfica 3.44 se puede observar que el valor de ROP para los pozos tipo “S” se mantiene un valor promedio de 200 pies/hora hasta los 3800 pies después de lo cual disminuye hasta un valor de 90 pies/hora al final de la sección, debido al cambio de formación a Orteguzza. Y para los pozos tipo “J” se puede observar que durante toda la corrida presenta valores entre los 220 y 240 pies por hora para toda la sección y a los 400 pies disminuye a un valor de 150 pies/hora.

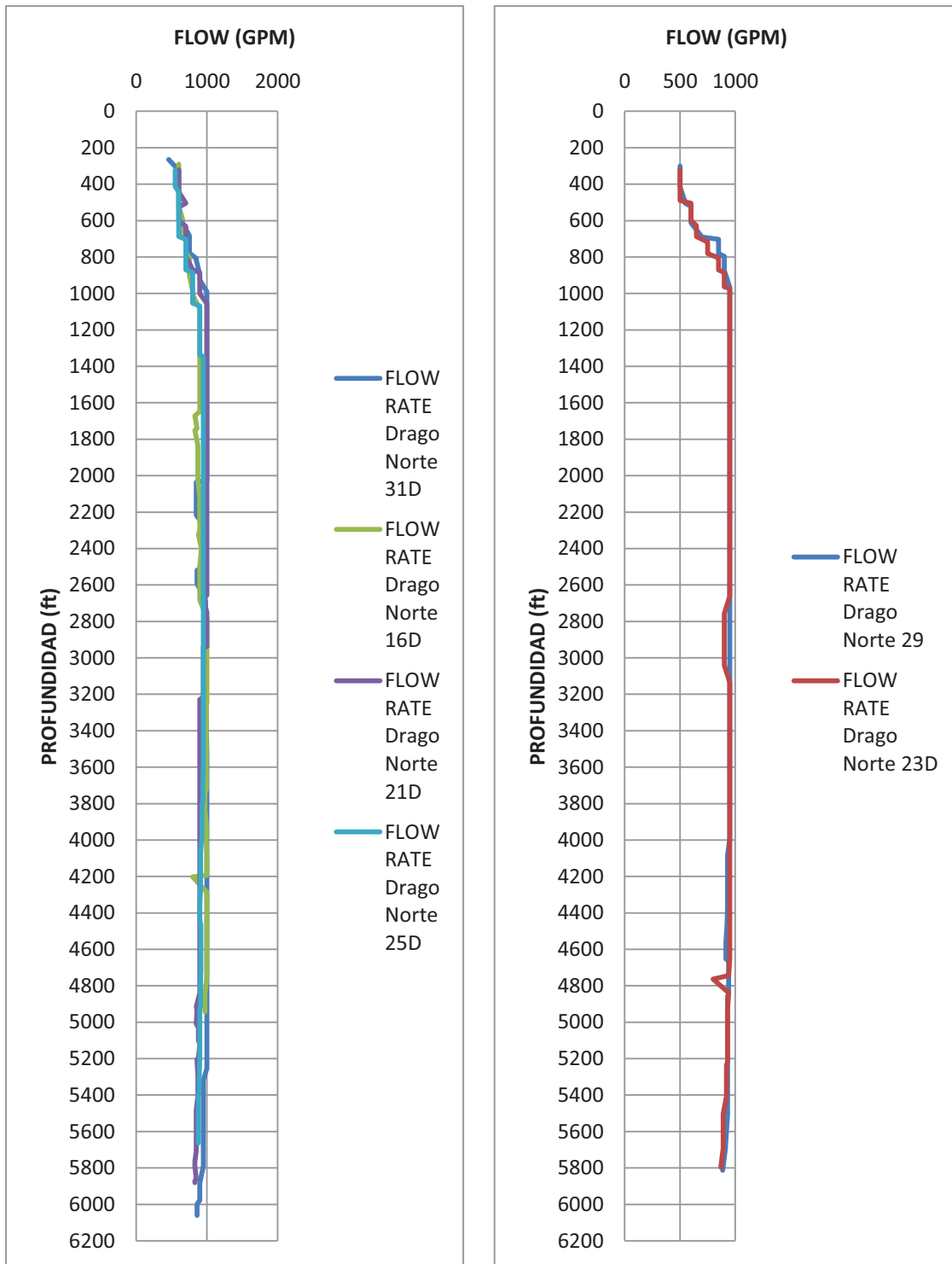
En esta sección para el campo Drago debido a los datos analizados, se puede concluir que el peso sobre la broca juega un papel importante en el avance de la broca (ROP), sin embargo el uso de las RPM también afecta el desempeño de la broca en esta sección.

Gráfica 3.34: Sección 16" Campo Drago: TFA VS PROFUNDIDAD



Elaborado por: Jonnathan Fabara

Gráfica 3.35: Sección 16" Campo Drago: Caudal vs. Profundidad

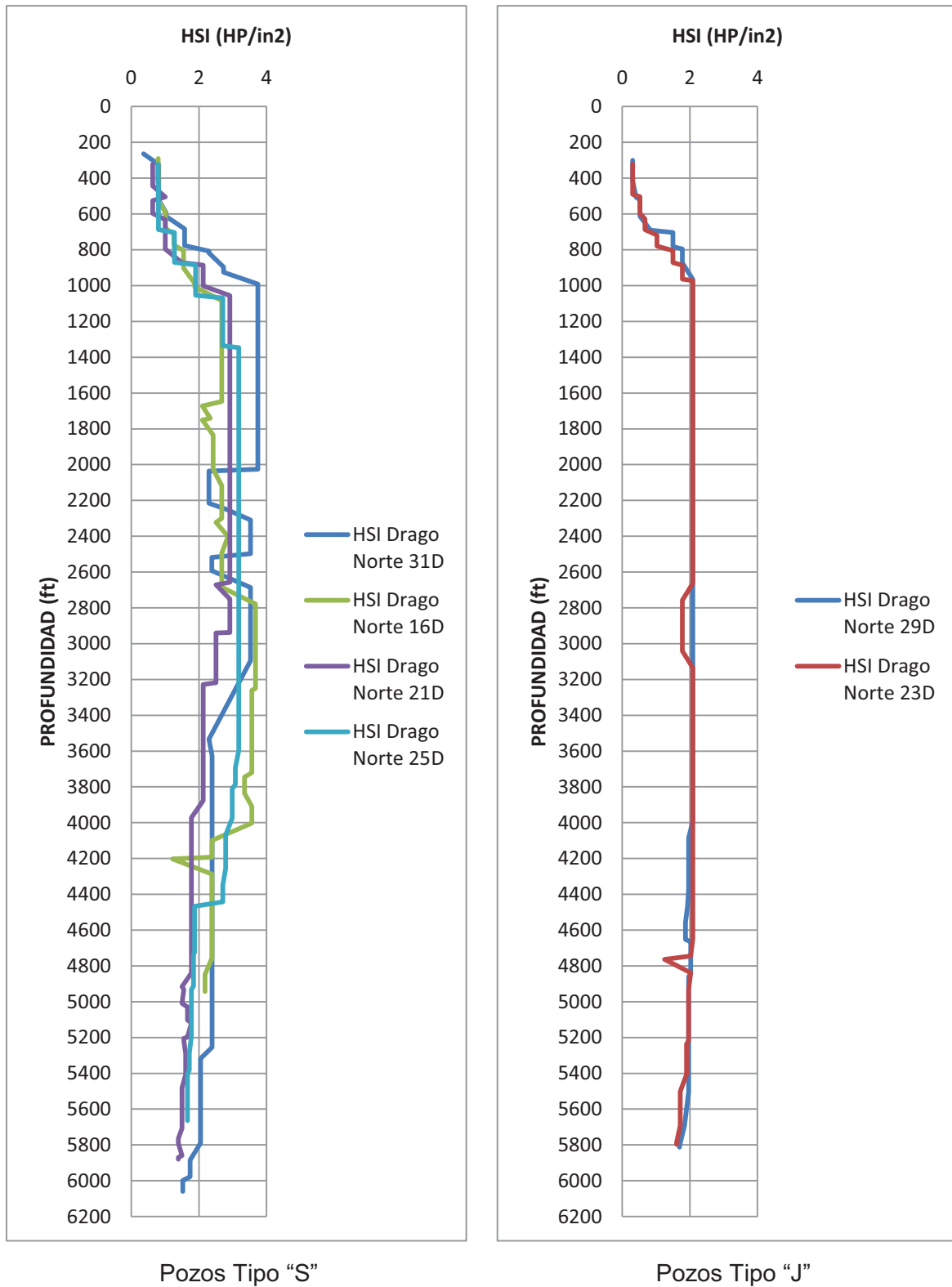


Pozos Tipo "S"

Pozos Tipo "J"

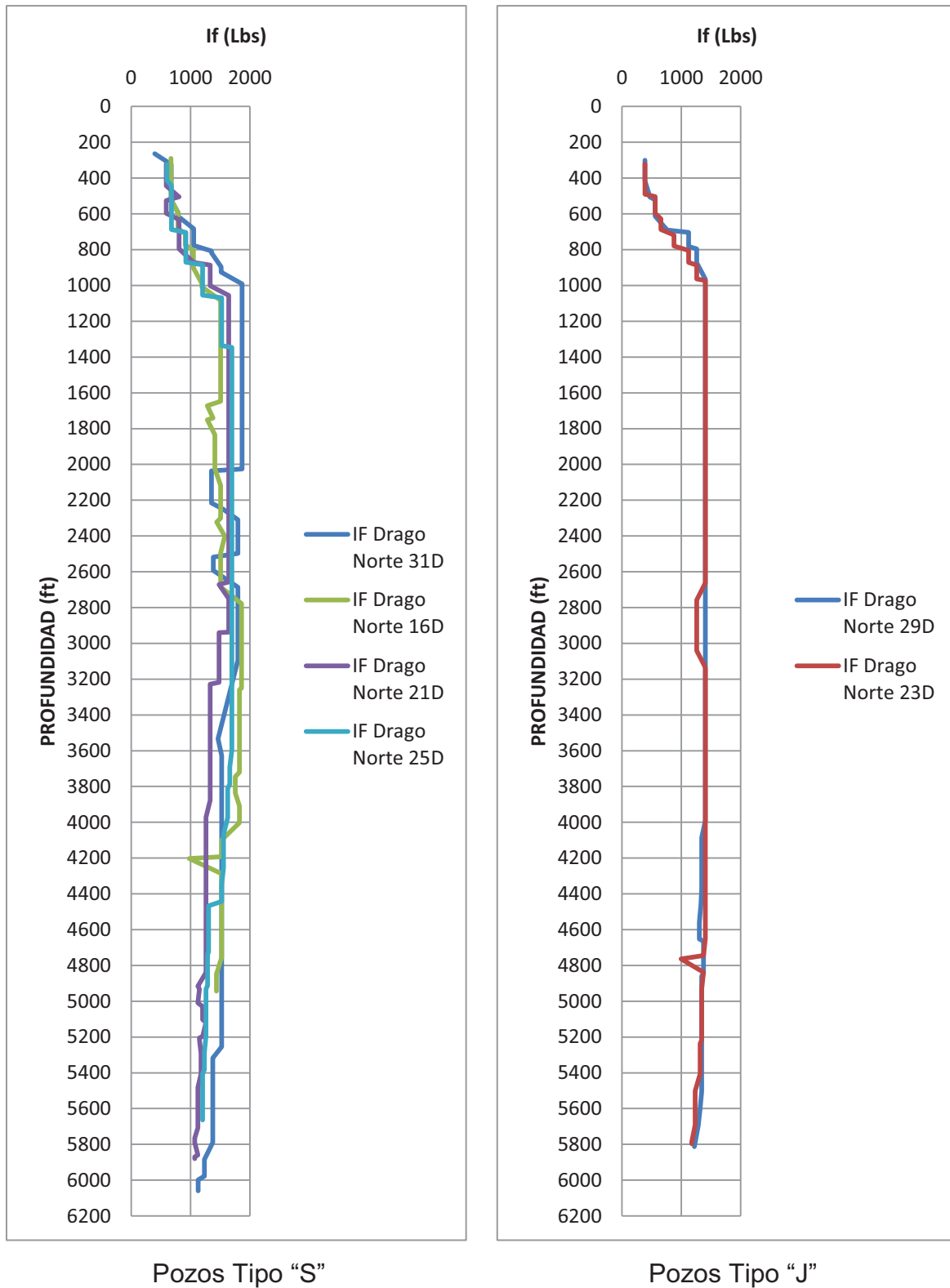
Elaborado por: Jonnathan Fabara

Gráfica 3.36: Sección 16" Campo Drago: HSI vs Profundidad



Elaborado por: Jonnathan Fabara

Gráfica 3.37: Sección 16" Campo Drago: Jet Impact Force vs Profundidad

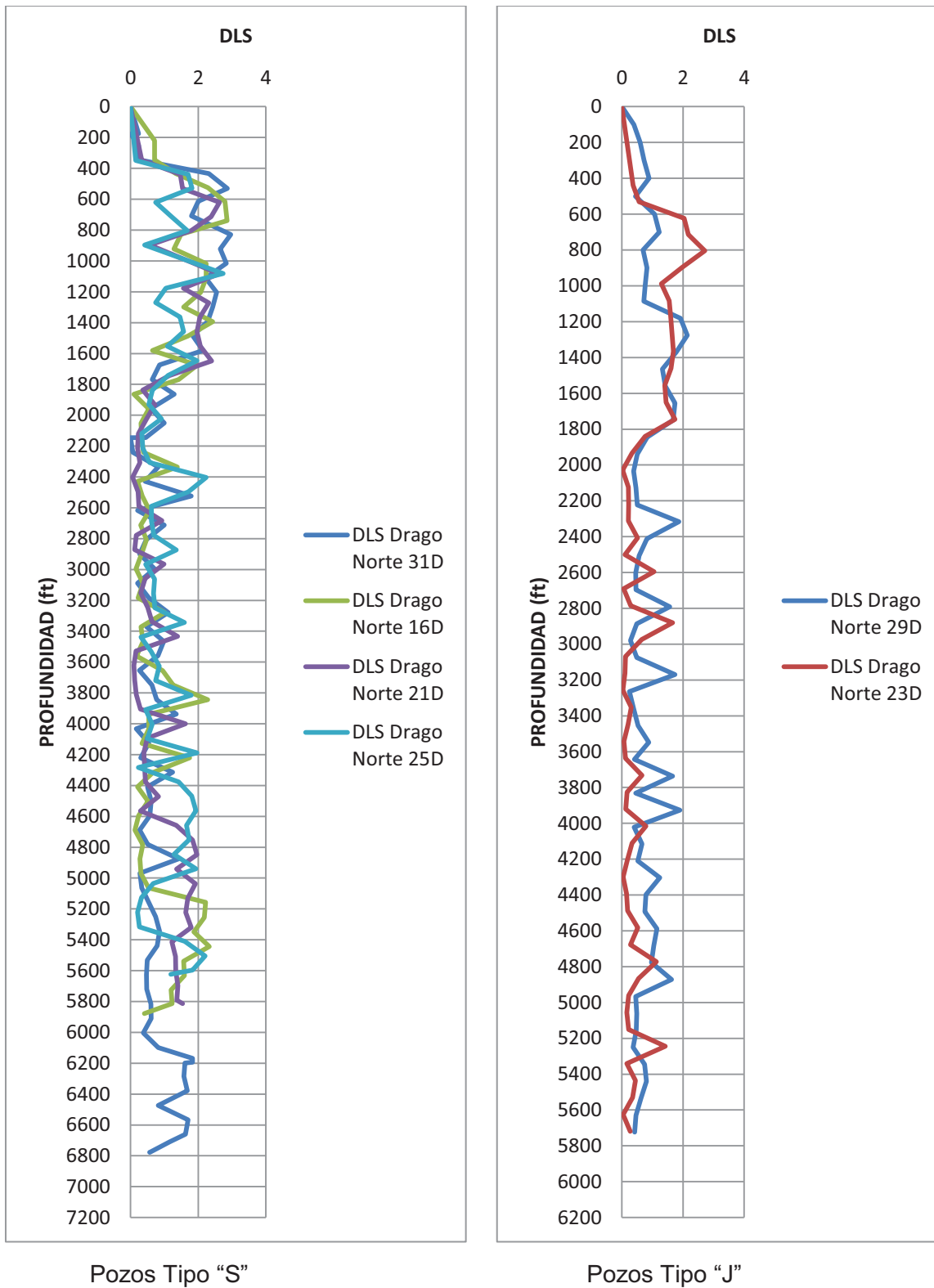


Pozos Tipo "S"

Pozos Tipo "J"

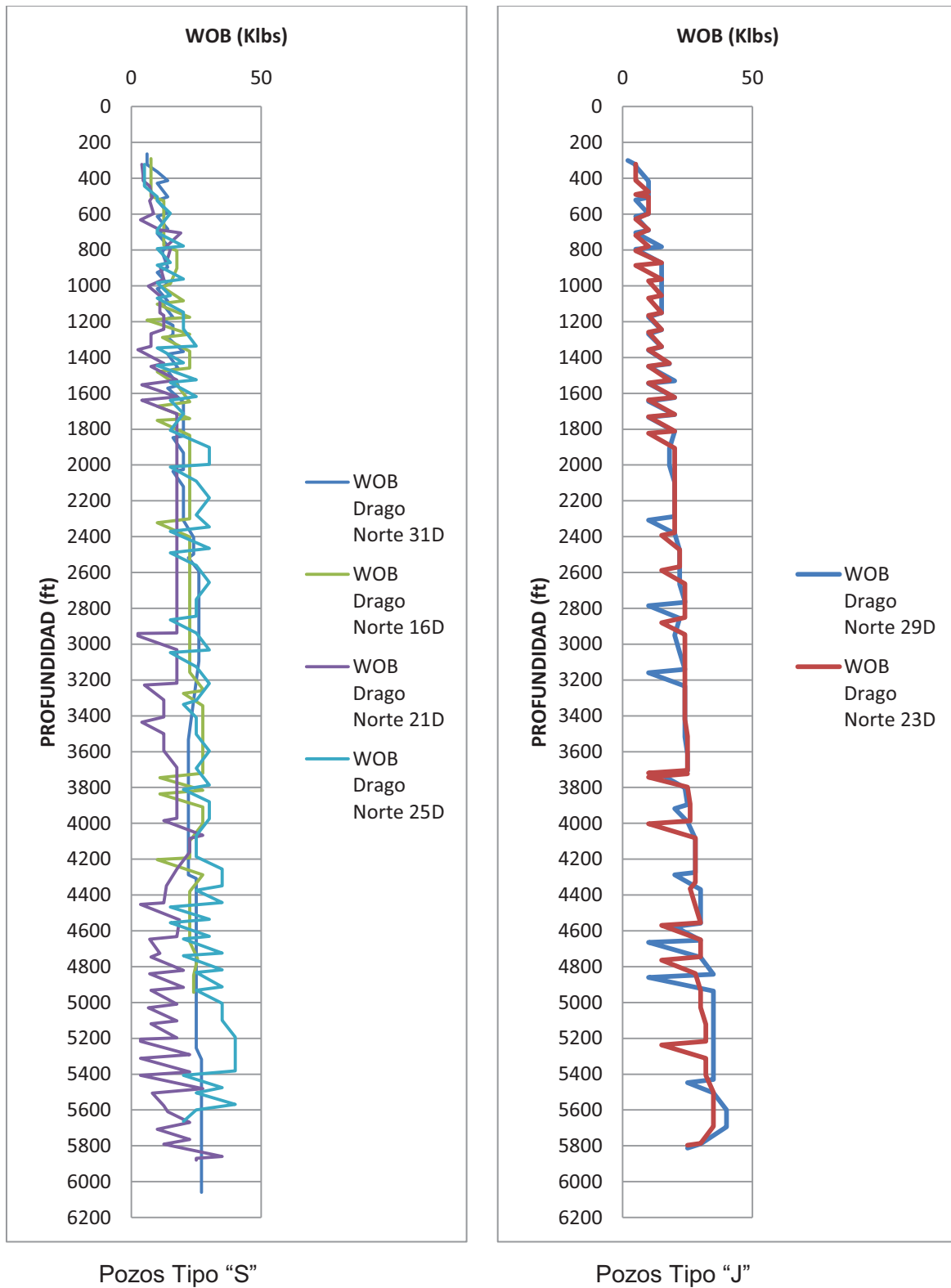
Elaborado por: Jonnathan Fabara

Gráfica 3.38: Seccion 16" Campo Drago: Dog Leg Severity vs Profundidad



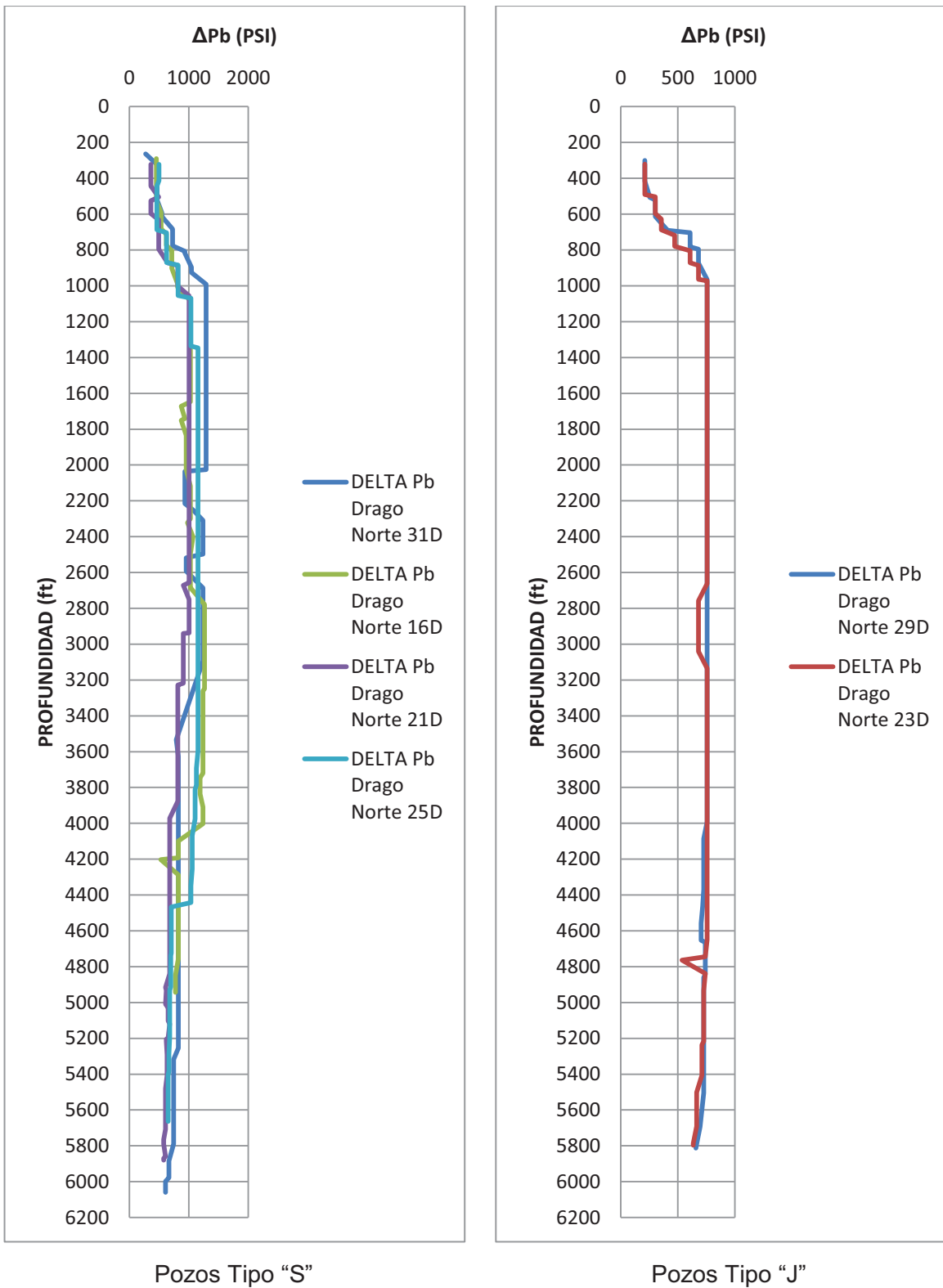
Elaborado por: Jonnathan Fabara

Gráfica 3.39: Sección 16" Campo Drago: WOB vs Profundidad



Elaborado por: Jonnathan Fabara

Gráfica 3.40: Seccion 16" Campo Drago: ΔP_b vs Profundidad

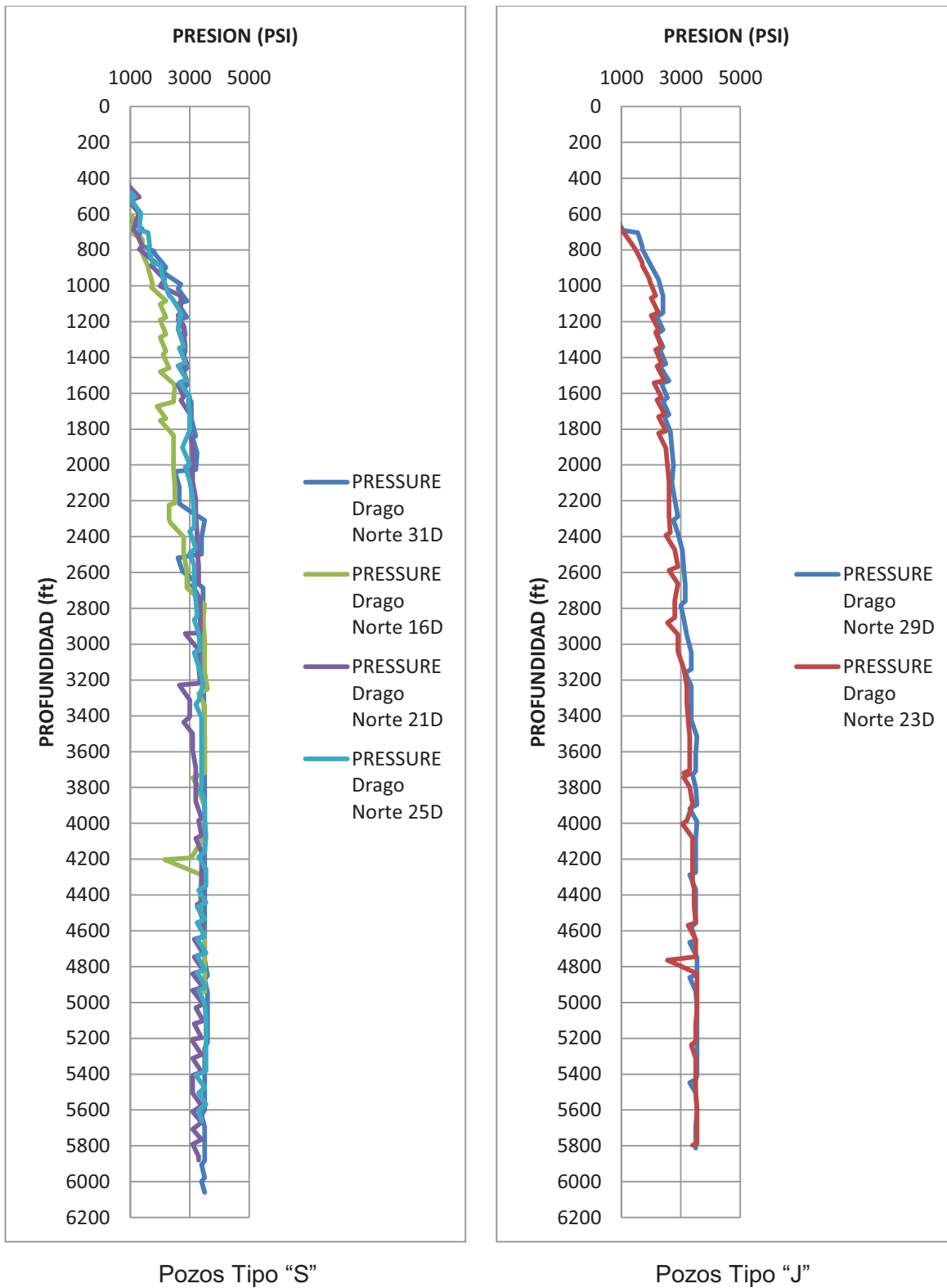


Pozos Tipo "S"

Pozos Tipo "J"

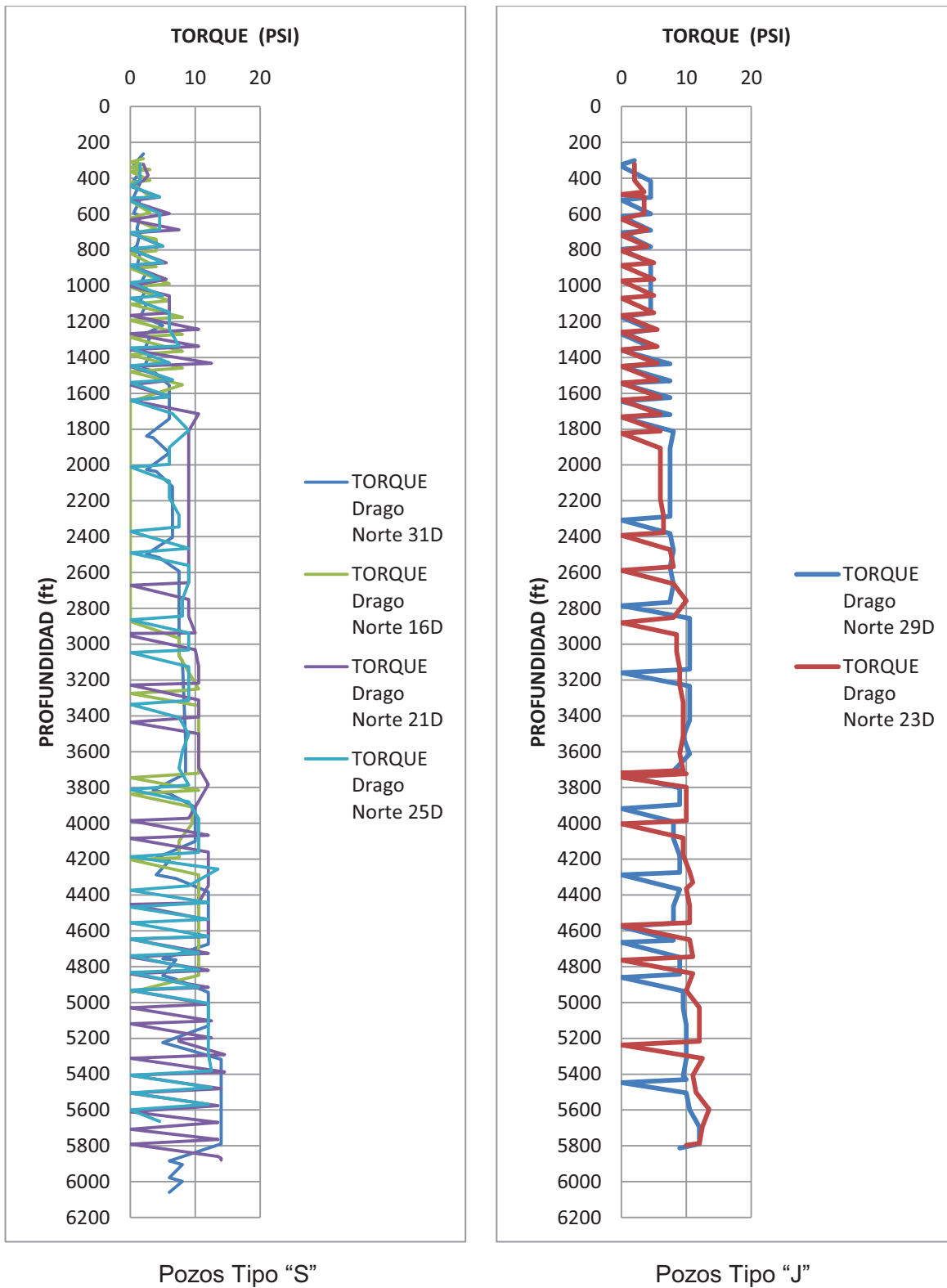
Elaborado por: Jonnathan Fabara

Gráfica 3.41: Seccion 16" Campo Drago: Presion vs Profundidad



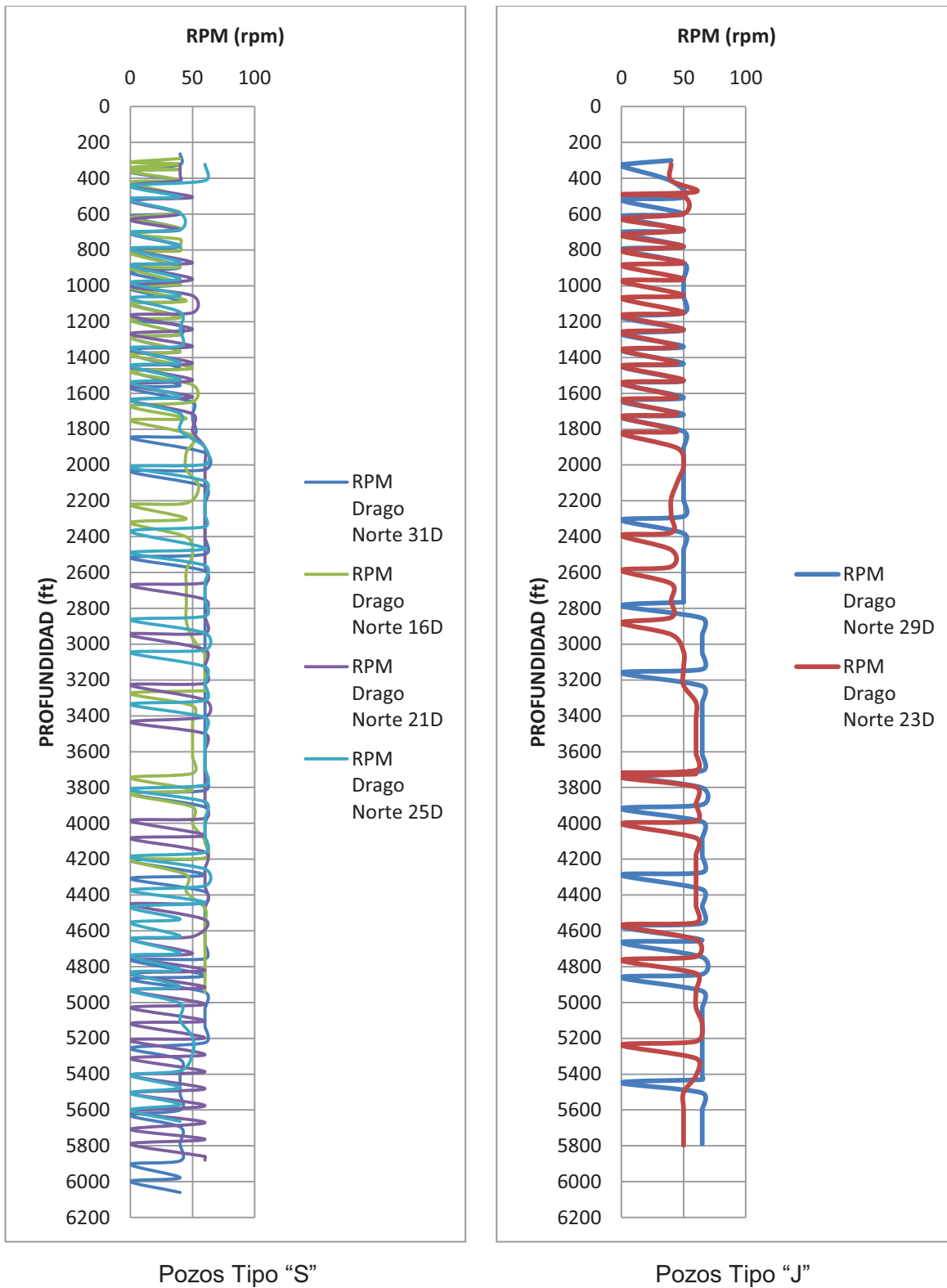
Elaborado por: Jonnathan Fabara

Gráfica 3.42: Seccion 16" Campo Drago: Torque vs Profundidad



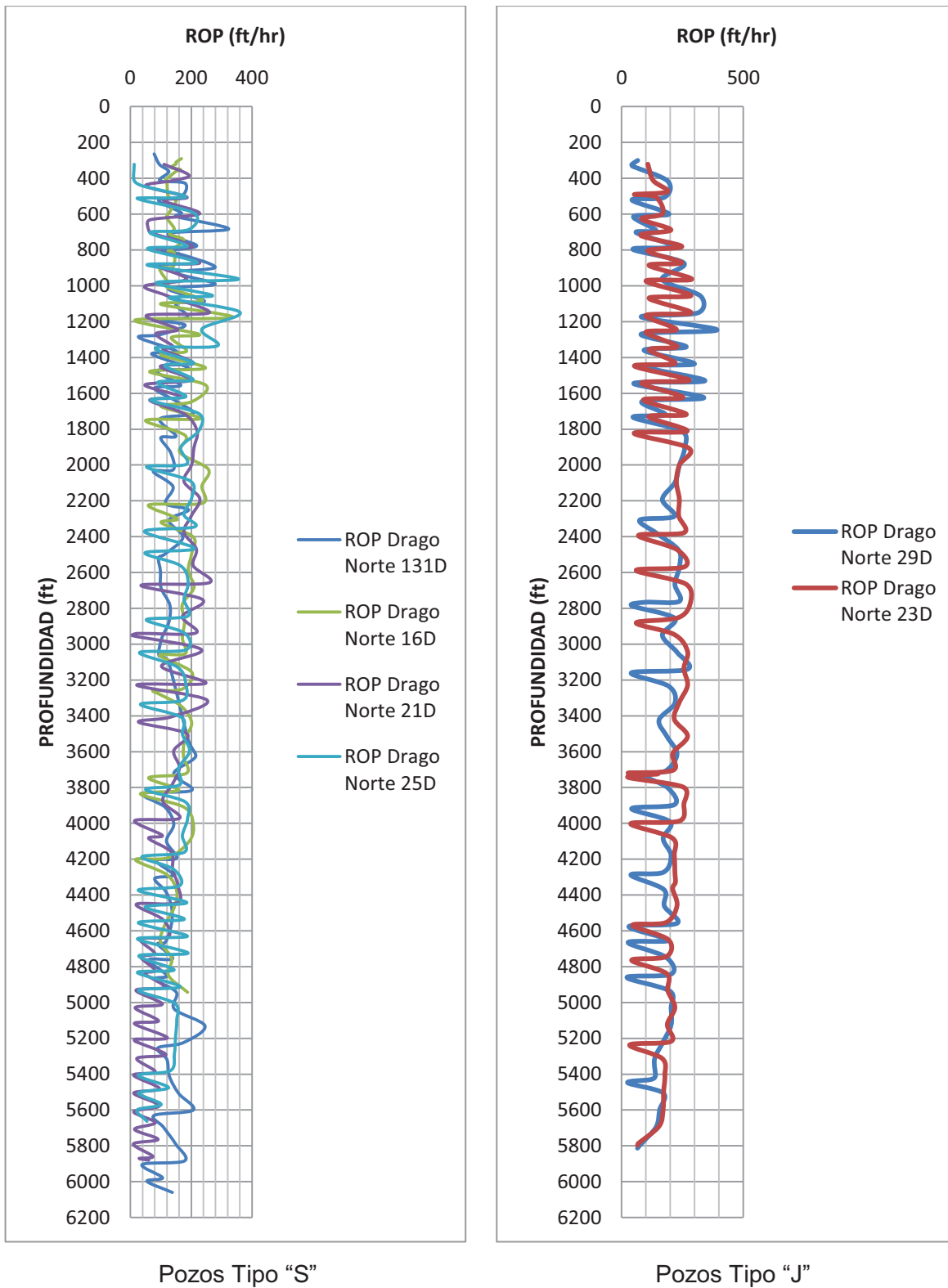
Elaborado por: Jonnathan Fabara

Gráfica 3.43: Seccion 16" Campo Drago: RPM vs Profundidad



Elaborado por: Jonnathan Fabara

Gráfica 3.44: Seccion 16" Campo Drago: ROP vs Profundidad



Elaborado por: Jonnathan Fabara

3.2.1.3. Optimización de la sección de 16"

3.2.1.3.1. Optimización para pozos tipo S

En la sección de 16 de pozo Drago Norte para pozos tipo S se recomienda dos corridas debido a que en esta sección es donde se realiza el mayor trabajo direccional, es decir se construye y se tumba. Los resultados de la optimización se detallan en las tablas 3.15 y 3.16 para cada corrida respectivamente.

Tabla 3.15: Sección 16" Campo Drago- Pozos Tipo S-Primera Corrida:
Optimización a partir de caudal comúnmente usado

Cálculos a partir de caudal comúnmente usado		
Presión Disponible		
Qu=	950	gpm
Pb=	1838.548	psi
Aj=	0.656	in2
Dj=	13.079	in
Optimización máxima Fuerza de Impacto		
Presión mínima en superficie=	2946.136	psi
Qu=	950	gpm
Pbop=	1384.684	psi
Aj=	0.756	in2
Dj=	14.040	in
Optimización máxima Potencia hidráulica		
Presión mínima en superficie=	4337.367	psi
Qu=	950	gpm
Pbop=	2775.915	psi
Aj=	0.534	in2
Dj=	11.799	in

Elaborado por: Jonnathan Fabara

Tabla 3.16: Sección 16" Campo Drago- Pozos Tipo S- Segunda Corrida:
Optimización a partir de caudal comúnmente usado

Cálculos a partir de caudal comúnmente usado		
Presión Disponible		
Qu=	900	gpm
Pb=	1579.038	psi
Aj=	0.695	in2
Dj=	13.461	in

Optimización máxima Fuerza de Impacto		
Presión mínima en superficie=	3435.777	psi
Qu=	900	gpm
Pbop=	1614.815	psi
Aj=	0.687	in ²
Dj=	13.386	in
Optimización máxima Potencia hidráulica		
Presión mínima en superficie=	5058.227	psi
Qu=	900	gpm
Pbop=	3237.266	psi
Aj=	0.485	in ²
Dj=	11.249	in

Elaborado por: Jonnathan Fabara

3.2.1.3.2. Optimización para pozos tipo J

En los pozos tipo J, debido a que en esta sección solo se construye ángulo y se mantiene tangente se recomienda un viaje optimizando a partir del caudal más utilizado. Los cálculos se detallan en la tabla 3.17.

Tabla 3.17: Sección 16" Campo Drago- Pozos Tipo J: Optimización a partir de caudal comúnmente usado

Cálculos a partir de caudal comúnmente usado		
Presión Disponible		
Qu=	950	gpm
Pb=	1602.278	psi
Aj=	0.728	in ²
Dj=	13.779	in
Optimización máxima Fuerza de Impacto		
Presión mínima en superficie=	3391.928	psi
Qu=	950	gpm
Pbop=	1594.206	psi
Aj=	0.730	in ²
Dj=	13.797	in
Optimización máxima Potencia hidráulica		
Presión mínima en superficie=	4993.672	psi
Qu=	950	gpm
Pbop=	3195.950	psi
Aj=	0.516	in ²

Dj=	11.595	in
-----	--------	----

Elaborado por: Jonnathan Fabara

3.2.2. SECCIÓN DE 12 ¼ ”

3.2.2.1. Sumario de la sección de 12.25” de los pozos perforados en el campo Drago

La sección de 12.25” del campo Drago atraviesa por las formaciones Orteguaza, Tiyuyacu (Conglomerado Superior y Chert Inferior) Tena y Napo, con una litología compuesta principalmente por Arcilla, Lutita, Limolita, Arenisca, Conglomerado y Chert. Para perforar esta sección se ha implementado una broca cuerpo acero, de 5 aletas y cortadores de 19mm.

A continuación se da una descripción de la perforación de la sección de 12.25” para cada uno de los pozos puestos en análisis.

3.2.2.1.1. *Drago Norte 31D*

Desde 6778 pies hasta 10152 pies MD (Formaciones: Orteguaza, Tiyuyacu, Tena, Napo)

Tumba ángulo para luego mantener verticalidad hasta TD.

Para perforar 3374 pies correspondientes a Orteguaza, Tiyuyacu Tena y Napo se utilizaron tres brocas PDC, obteniendo una ROP neta de 45.5pph.

- Corrida No 1

La primera broca utilizada es una broca es PDC de matriz, 5 aletas y cortadores de 19mm y perfora hasta 8840 pies. Se realiza Drill Out con parámetros controlados y se los incrementan después de perforar la primera parada. Se realiza trabajo direccional para tumbar ángulo hasta verticalizar con dificultad debido a colgamiento de la sarta con una ROP entre 7-14pph. Se controla parámetros para atravesar el conglomerado superior desde 7309pies hasta 7408 pies (700gpm, 10-12 K lbs WOB, 40-45 rpm). Se vuelve a controlar parámetros (680-700 gpm, 40 rpm, 14-20 K lbs WOB, 40 pies/hr) 35 pies antes de entrar al Conglomerado Inferior. Para toda la corrida logra una ROP neta de 43.4 pph. Broca presenta desgaste normal en toda su estructura de corte, algunos cortadores astillados y se encuentra en calibre.

Calificación IADC de Salida: 1 - 3 - WT - A - X - 1 - CT - FM

- Corrida No 2

Se perfora Tena con parámetros optimizados y se aprecia buen desempeño con instantáneas de 120pph. En superficie se aprecia cambio en el comportamiento del pozo por lo que se presume que sea el ingreso a Basal Tena, lo cual se lo hace con 12-14 K Lbs WOB, 60 rpm y 760 gpm, luego geología confirma tope de Basal Tena en 9544 pies, alrededor de 70-80 pies por arriba de la proyección; los primeros 150 pies de Napo se aprecia ROP entre 30-35pph y conforme se profundiza cae hasta 10 pph. La broca sale con desgaste normal en toda su estructura de corte y cortadores astillados. Alcanza un ROP neta de 52.1 pph.

Calificación IADC de Salida: 1 - 3 - WT - A - X - 1 – CT– PR

- Corrida No 3

Se perfora Napo hasta el punto de casing. Se utiliza una broca PDC cuerpo de matriz 6 aletas y cortadores de 16 mm. Se realiza trabajo direccional para corregir inclinación. Al principio se estaba rotando con 30-34 K Lbs WOB pero como la sarta tuvo tendencia a construir se decidió trabajar con 20-24 klbs. Para toda la corrida logra una ROP neta de 42.6 pph y promedio de 27.9 pph. Broca se encuentra en calibre y no presenta desgaste. Esta misma broca se utilizó en el viaje de calibración después de los registros eléctricos.

Calificación IADC de Salida: 0 - 0 - NO - A - X - I - NO - TD

Calificación Desgaste de la Broca después de viaje de Reacondicionamiento:

0 - 1 - CT – S/G - X - I - NO - TD

3.2.2.1.2. *Drago Norte 16D*

Desde 5880 pies hasta 9790 pies MD (Formaciones: Orteguzaza, Tiyuyacu, Tena, Napo)

Tumba ángulo para luego mantener verticalidad hasta TD.

Para perforar 3910 pies correspondientes a las formaciones Orteguzaza, Tiyuyacu, Tena y Napo, se utilizaron cuatro brocas PDC, obteniendo una ROP neta de 40.56 pies/hora

- Corrida No 1

Se armó broca con BHA direccional y se bajó hasta 5781pies donde se tuvo obstrucción, desde esta profundidad se coloca parámetros operacionales y se baja circulando. Se corta equipo de flotación con parámetros bajos para evitar daños en la broca con 550 gpm, 45 RPM, 5-8 WOB, 950 PSI. Se perfora al inicio con parámetros bajos incrementándolos gradualmente con el avance en la perforación. Se perfora en forma rotada con ROP entre 80-120 pies/hora y deslizando entre 8-20 pies/hora. Se perfora el conglomerado superior con parámetros controlados. Una vez terminado el conglomerado se incrementa parámetros pero no se logra tener buena ROP, por lo que se intenta mejorar mediante cambio de parámetros sin lograr mayores resultados, por lo que se decide sacar a superficie para verificar estado de las herramientas.

Al salir la broca se observa un desgaste mayor en la frente de ataque con 1/16" fuera de calibre.

Calificación IADC de Salida: 2-4-WT-A-X-1-CT-PR

- Corrida No 2

Se arma broca PDC con BHA direccional y se baja al fondo circulando las 2 últimas paradas por precaución para continuar perforando desde la formación Tiyuyacu. Se inicia con bajo WOB incrementándolo paulatinamente obteniendo ROP instantáneas entre 60-100 pies/hora. A partir de 7906pies se empieza a controlar parámetros para perforar el Conglomerado Inferior, encontrando el tope 7896pies más arriba de lo pronosticado. A 8160pies por pararse la rotación tubería por alto torque se incrementa la rotación superficial de 40 a 45 RPM, mitigando el problema. A 8365pies se establecen parámetros acordes para cortar formación Tena por tener presencia de arcilla en superficie, perforando hasta 8370pies y se tiene caída drástica en el avance. Se bombea píldoras y maniobra sarta sin lograr incrementar el avance, sacando a superficie y la broca presenta anillamiento siendo la calificación 3 en la estructura de corte Interna y 4 en la estructura de corte externa.

Calificación IADC de Salida: 3-4-RO-S-X-I-WT-FM

- Corrida No 3

Se arma BHA con Broca PDC, se baja al fondo circulando las 2 últimas paradas por seguridad. En fondo se bombea píldora y se comienza perforando

con bajo WOB, incrementándolo paulatinamente, obteniendo buena ROP entre 70-120 pies/hr Instantáneas. Broca empieza perforando desde la formación Tena pasando por las formaciones Basal Tena, Napo, Caliza M1 y llegando hasta la Caliza M2. En la formación Tena se logra ROP entre 80-120 pies/hora instantánea. A partir de 9145pies se empieza a controlar parámetros para entrar a la formación Basal Tena, controlando hasta 9202pies, tope real de Basal T. 9191pies. Al perforar la Caliza M1, se lo hace con alto WOB y rotación para incrementar el avance en las calizas, además esta formación se perfora con 760 gpm. Se perfora hasta 9790pies donde se determina el punto de Casing de 9-5/8". La broca al salir a superficie presenta mayor desgaste en el área del hombro además se encuentra 1/16" fuera de calibre.

Calificación IADC de Salida: 1-3-A-X-1-CT-TD

- Corrida 4

Se arma broca con BHA rotario para hacer viaje de reacondicionamiento, teniendo problemas en el hoyo por lo que se realizan viajes de calibración hasta el zapato y se baja nuevamente al fondo.

Al salir la broca a superficie presenta dientes astillados en el hombro y gauge por el trabajo de rimado realizado.

Calificación IADC de Salida:0-1-CT-A-X-I-NO-TD

3.2.2.1.3. *Drago Norte 21D*

Desde 5880 pies hasta 10152 pies MD (Formaciones: Orteguzaza, Tiyuyacu, Tena, Napo)

Tumba ángulo para luego mantener verticalidad hasta TD.

Para perforar un intervalo de 3.827 pies, correspondientes a la formaciones ROP neto 49.6 pies/hora. Orteguzaza Tiyuyacu, Tena y Napo se utilizaron dos brocas PDC cuerpo de matriz, 5 aletas y cortadores de 19mm.

- Corrida No 1

Se arma BHA direccional con broca PDC cuerpo de matriz, 5 aletas y cortadores de 19mm. se usa TFA de 1.052. Se realiza Drill Out con 400 gpm, 40 RPM y WOB 2-10Klbs con un factor de motor de 0.16, perforando tapones,

cemento, collar flotador, zapato y 10 pies de formación. Se realiza prueba de integridad del casing con 800 psi y prueba de formación. Además se realiza cambio de Lodo. Se inicia perforación de formación con parámetros 600 gpm, 45 RPM y un WOB 10-15 klbs. Se realiza trabajo direccional de corrección para tumbar los 4.96° hasta 0° , deslizando para tumbar ángulo y verticalizar el pozo con ROP instantánea de 20-30 pies/h, mientras que rotando se alcanza ROP instantáneas de hasta 150 pies/h. Se controlan parámetros para perforar Conglomerado Superior desde 6830 pies hasta 6955 pies con: 650 gpm, 45 RPM, WOB 5-12 klbs y ROP entre 30-50 pies/h, después se suben los parámetros alcanzando la misma ROP anterior. Para poder conseguir 300-400 psi de diferencial de presión hay que aplicar en la broca 32 klbs y obtener entre 80-120 pies/h; se controlan parámetros para perforar Chert Inferior de Tiyuyacu desde 7833 pies hasta 8315 pies con: 40 Rpm, 650 gpm, WOB 5-20, ROP entre 30-40 pies/h. Se circula hoyo para viaje corto hasta la zapata dentro del Chert. Después del viaje, continúa el control de parámetros para terminar de perforar el Chert Inferior hasta llegar al tope de la formación Tena donde se optimizan parámetros y se alcanza ROP instantánea entre 60-80 pies/h. Se controlan parámetros para entrar a perforar Basal Tena desde 9090 pies hasta 9152 pies. En formación Napo la ROP inicial es de entre 30-50 pies/h pero a la profundidad de 9230 pies cae a 15 pies/h aplicando 45 klbs de WOB. Se da presencia de Lutita suave a moderadamente dura y en partes muy dura. A la profundidad de 9320 pies, la ROP baja a 10 pies/hora y se decide terminar la corrida para viaje a superficie para revisar BHA.

La broca presenta desgaste en sus cortadores internos cercano a 1, en cortadores externos un desgaste cercano a 2, en todas las aéreas posee desgaste, la otra razón de desgaste es el astillamiento de varios cortadores y además sale en calibre después de haber circulado con caudal en la parte del conglomerado inferior. La razón de la salida fue debido a horas de perforación.

Grado IADC de Salida: 1-2-WT-A-X-I-CT-PR

- Corrida No 2

Se inicia perforación de formación con los parámetros de 750 gpm, 50 RPM y un WOB 10-22 klbs. Se perfora rotando al 100% con ROP instantánea variable

entre 30-70 pies/h por intercalaciones de Lutita y Caliza. En todo el intervalo perforado se registra torque Alto de hasta 22 klbs/pie, teniendo que limitar el WOB para evitar que la tubería se detenga sin poder mejorar la ROP.

La broca presenta desgaste en sus cortadores en cortadores externos un desgaste cercano a 1, en las aéreas del hombro y del calibre, la otra razón de desgaste es el astillamiento de varios cortadores. Broca sale en calibre después. La razón de la salida fue debido llegar a punto de casing a 9707.

Grado IADC de Salida: 0-1-CT-S/G-X-I-NO-TD.

3.2.2.1.4. Drago Norte 25D

Desde 5689 pies hasta 9515 pies MD (Formaciones: Orteguaza, Tiyuyacu, Tena, Napo)

Mantiene verticalidad hasta TD.

Para perforar un intervalo de 3.826 pies, correspondientes a la formaciones ROP neto 51.6 pies/hora. Orteguaza Tiyuyacu, Tena y Napo se utilizaron tres brocas PDC cuerpo de matriz, 5 aletas y cortadores de 19mm.

- Corrida No 1

Se perfora 2403 pies con una ROP neta 58.1 pph de las formaciones Orteguaza y Tiyuyacu. Se perforó rotando al 100% con ROP instantánea de hasta 150 pies/h. Se controlan parámetros para perforar Conglomerado Superior y el chert inferior. A la profundidad de 8087 pies cae la ROP a 5-10 pies/h, terminando la corrida a la profundidad de 8092 pies. En superficie se observan 2 boquillas taponadas con cauchos del motor de fondo.

Grado IADC de Salida: 1-7-RO-N/T/S-X-1-CT/NP-TD

- Corrida No 2

Se perfora 1076 pies con una ROP neta 40.3 pph de las formaciones Tena y Napo. Se deslizan en Tena solo 35 pies a 30 pies/hora para corregir dirección-azimut con buen tool face. Rotando se tiene ROP instantánea de hasta 100 pies/hora. En formación Napo cae la ROP por intercalaciones litológicas (Lutita, Caliza) a 30-40 pies/hora, pero a la profundidad de 8980 cae más la

ROP hasta terminar la corrida a 10 pies/h. El Torque en formación Napo tampoco permite aplicar más WOB debido a que se para la tubería.

Grado IADC de Salida: 0 - 2 - WT – A - X – I – CT -TQ

- Corrida No 3

Perfora 347 pies con una ROP neta 57.8 pies/hora de la formación Napo. Se rota al 100% con ROP instantánea de hasta 90 pies/hora. Cambios en el caudal, iniciando la perforación con 770 gpm, baja a 700 gpm, luego a 600 gpm, terminando la corrida con 550 gpm y la presión máxima de 3550 psi. En las zarandas se detectan cauchos del motor de fondo.

Grado IADC de Salida: 1-1-CT-A-X-I-WT/PN-TD

3.2.2.1.5. Drago Norte 29D

Desde 5813 pies hasta 9656 pies MD (Formaciones: Orteguaza, Tiyuyacu, Tena, Napo).

Mantiene tangente aproximadamente 22°.

Para perforar un intervalo de 3.843 pies, correspondientes a la formaciones Orteguaza Tiyuyacu, Tena y Napo, se utilizaron 3 brocas PDC que en cinco corridas consiguen una ROP neto de 31.23 pies/hora para toda la sección.

- Corrida No 1

Se usa broca PDC cuerpo de Matriz, 5 aletas y cortadores de 19mm, que perforó en la 1ra corrida 353 pies con una ROP neta 103.2 pph en la formación Orteguaza. En toda la corrida se rota al 100% con ROP instantánea de hasta 120 pies/hora. Se tiene problemas de señal con herramienta MWD sin poder obtener tool face para poder deslizar y se saca a superficie.

Calificación IADC de Salida: 0 - 1 - CT – S/G - X – I – NO -DTF

- Corrida No 2

Se usa broca PDC de la primera corrida que perforó en su segunda corrida 2427 pies con una ROP neta 36.6 pph de las formaciones Orteguaza, todo Tiyuyacu y parte de Tena. Se desliza con problemas de colgamiento, estoleo del motor y ROP baja en toda la corrida. Se controlan parámetros para perforar el Conglomerado Superior desde 6827 pies hasta 6945 pies. Después de pasar

conglomerado se optimizan parámetros alcanzando la misma ROP anterior de hasta 100 pies/h. Se controlan parámetros para perforar el Conglomerado Chert inferior desde 7837 pies, con muchas variaciones de ROP en el Chert por intercalaciones con Arcillolita. Se optimizan parámetros desde 8404 pies para perforar formación Tena obteniendo ROP de 30 pies/hora aplicando 40 klbs de WOB. Por no poder construir ángulo, se decide realizar viaje a superficie para chequeo de la camisa estabilizadora del motor y cambiar.

Calificación IADC de Salida: 5 - 1 - RO – N - X – I – WT/PN - BHA

- Corrida No 3

Se usa segunda broca PDC cuerpo de Matriz, 5 aletas cortadores de 19mm que perfora 469 pies en primera corrida de formación Tena, con una ROP neta 22.5 pph. Se desliza para levantar ángulo con problemas de colgamiento de sarta y estoleos del motor, aplicando hasta 70 klbs de WOB sin poder deslizar y afectando la ROP en la corrida.

Se trabaja con la tubería para descolgar sin obtener buenos resultados, rotando la ROP instantánea es buena entre 70-100 pies/h. Se comienzan a observar gomas del motor en zarandas y la presión comienza a variar terminando la corrida, con 630 GPM. Se decide sacar a superficie debido a la disminución del caudal por la alta presión y a la baja ROP rotando de hasta 30 pies/hora.

Calificación IADC de Salida: 0 - 1 - CT – G - X – I – PN - DMF

- Corrida No 4

Se usa broca de la anterior corrida que perfora 334 pies en su segunda corrida, las formaciones Tena, Basal Tena y parte de Napo con ROP neta de 25.2 pies/hora.

Se rota al 100% con ROP instantánea entre 50-80 pies/hora en Tena. A la profundidad de 9310 pies cae la ROP a 10 pies/h y se incrementa el torque hasta 25 klbs*pies parándose la tubería con más de 20 klbs. A la profundidad de 9360 pies, Napo, cae aún más la ROP a 5 pies/hora y continúa deteniéndose la tubería.

Debido a la alta presencia de torque se decide realizar viaje a superficie para comprobar estado del BHA.

Calificación IADC de Salida: 0 – 2 – WT – T/S/G – X – I – HC/CT/BT - TQ

- Corrida No 5

Se usa una broca PDC cuerpo de Matriz de 6 aletas y cortadores de 19mm para perforar 260 pies de la formación Napo con ROP Neta de 13.5 pph.

Se rota al 100% con ROP instantánea entre 40-60 pies/hora en formación Napo. A la profundidad de 9480 pies se comienza a presentar torque alto de hasta 24 klbs*pies, parándose la tubería aplicando 20 klbs de WOB. Debido al problema de torque alto solo se aplica hasta 16 klbs de WOB para evitar que la tubería se detenga. Este problema evita optimizar WOB no pudiendo mejorar la ROP, por ello se decide establecer punto de casing de lo programado.

Calificación IADC de Salida: 0 – 1 – CT – S/G – X – 2– WT - TD

3.2.2.1.6. *Drago Norte 23D*

Desde 5810 pies hasta 9725 pies MD (Formaciones: Orteguaza, Tiyuyacu, Tena, Napo)

Construye desde 22.21° a 23.66° y después tumba hasta 10.22°

Para perforar un intervalo de 3915 pies, correspondientes a la formaciones Orteguaza Tiyuyacu, Tena y Napo, se utilizó una broca PDC cuerpo de matriz, 5 aletas y cortadores de 19mm, en dos corridas con una ROP neto de 33.04 pies/hora.

- Corrida No 1

Broca PDC cuerpo de Matriz, perforó en la 1ra corrida 2852 pies con ROP neta 38.2 pph en la formación Orteguaza, Tiyuyacu, Tena. Se desliza en toda la corrida con dificultad por colgamiento de sarta y estoleo del motor y ROP baja 5-10 pies/h, mientras que rotando la ROP instantánea oscila entre 60-120 pies/h en formación Orteguaza; en formación Tiyuyacu la ROP es de entre 60-90 pies/h; se controlan parámetros para perforar Conglomerado superior desde 6780 pies hasta 6940 pies, después de perforar el Conglomerado superior se optimizan parámetros alcanzando ROP instantánea entre 70-100 pies/h; se vuelven a controlan parámetros para perforar Cgl Chert Inf desde 7865 pies hasta tope de la formación Tena, en formación (Tena) se alcanza ROP instantánea entre 60-90 pies/h; también se desliza para tumbar ángulo con

problemas de colgamiento de sarta y estoleo del motor con ROP instantánea entre 5-15 pies/h; por tendencia a subir el ángulo en rotación se decide realizar viaje a superficie para chequear y modificar BHA; cuando el BHA se saca a superficie se observa camisa estabilizadora del motor desgastada y estabilizador también desgastado, pero la broca en calibre.

Grado IADC de Salida: 0 - 1 - WT – T/S - X – I – CT -BHA

- Corrida No 2

Broca PDC cuerpo de matriz 5 aletas cortadores de 19mm que perforó en la 2da corrida 1063 pies con una ROP neta 24.2 pph de las formaciones Tena y Napo. Continúa el problema de colgamiento de sarta y estoleo del motor al deslizar, con ROP baja de 5-10 pies/h en toda la corrida, mientras que rotando la ROP inicial es entre 70-90 pies/h; se controlan parámetros para perforar Arenisca basal Tena y se perfora formación Napo, la ROP cae de 60 a 30 a 10 pies/h, por cambio litológica de arcillolita a lutita y caliza de medio dura a dura; al término de la sección se incrementa el Torque parándose la tubería y haciendo la perforación lenta por lo que se deja el pto de casing 200 pies antes de lo programado para no perder tiempo.

Grado IADC de Salida: 0 - 3 - WT – T/S/G - X – 2– CT/HC - TD

En la Tabla 3.18., se resumen las corridas de las brocas para la sección de 12.25” para los pozos en análisis.

3.2.2.2. Análisis de la sección de 12 ¼”

En la gráfica 3.45 podemos observar que se da un mínimo de 2 a un máximo de 3 cambios de brocas. En cada cambio se puede ver que se aumenta el TFA. Los cambios se dan a los 8600 aproximadamente y los 200 últimos pies de la corrida. Los cambios para los pozos tipo “S” aumentan desde un valor de 1 .078 a 1.179 y finalmente a 1.282 in². Mientras que para los pozos tipo “J” se tiene una variación de 1.052 a 1.086 y finalmente a 1.178 in². Estos cambios por lo general ocurren para no sobre pasar el la presión del taladro.

Tabla 3.18: Tabla Resumen de corridas de 12.25" en el Campo Drago

Pozo	TFA	Intervalo	Hrs. Net.	ROP Net	Motor	Incl. Salida	Incl. Max	Formaciones	Litología	Calificación
DRAGO NORTE 31D	1.074	2,062	47.5	43.4	8" WTF 6/7 4.0 stg, 0.17 rev/gal, Bend 1.50°	0.17	23.05	Orteguaza, Tiyuyacu (Cgl. Sup., Chert Inf.)	Arc, Lim, Arenisca, Conglomerado	1-3-WT-A-X-1-CT-FM
DRAGO NORTE 31D	1.187	963	18.5	52.1	8" WTF 6/7 4.0 stg, 0.17 rev/gal, Bend 1.50°	0.79	0.76	Tena, Napo	Arcilla, Limolita, Arenisca	1-3-WT-A-X-1-CT-PR
DRAGO NORTE 31D	1.282	349	8.2	42.6	8" WTF 6/7 4.0 stg, 0.17 rev/gal, Bend 1.50°	0.13	1.1	Napo	Aren, Lut	0-0-NO-A-X-I-NO-TD
DRAGO NORTE 31D	1.282							VIAJE DE REACONDICIONAMIENTO		0-1-CT-S/G-X-I-NO-TD
DRAGO NORTE 16D	1.052	1,180	37.9	31.1	8" WTF 6/7 4.0 stg, 0.17 rev/gal, Bend 1.50°	0.63	0.63	Orteguaza, Tiyuyacu (Cgl. Sup.)	Lut, Arc, Aren, Lim, Conglomerado	2-4-WT-A-X-1-CT-PR
DRAGO NORTE 16D	1.052	1,312	25.7	51.1	8" WTF 6/7 4.0 stg, 0.17 rev/gal, Bend 1.50°	0.16	0.63	Tiyuyacu (Chert Inf.)	Lut, Arc, Aren, Lim, Conglomerado	3-4-RO-S-X-I-WT-FM
DRAGO NORTE 16D	0.393	1,418	33	43	8" WTF 6/7 4.0 stg, 0.17 rev/gal, Bend	1.05	1.05	Tena, Napo	Lut, Arc, Aren, Lim,	1-3-WT-A-X-1-CT-TD

Elaborado por: Jonnathan Fabara

Tabla 3.18.- Tabla Resumen de corridas de 12.25" en el Campo Drago (Continuación)

DRAGO NORTE	1.534	BROCA USADA PARA REALIZAR VIAJE DE CALIBRACION										0-1-CT-A-X-I-NO-TD
		16D	1.052	3,523	70.8	49.8	8" WTF 6/7 4.0 stg, 0.17 rev/gal, Bend 1.50°	0.1	1.82	Orteguaza, Tiyuyacu (Cgl. Sup., Chert Inf.), Tena, Napo	Lut, Lim, Arcilla, Are, Conglomerado	
DRAGO NORTE 21D	1.167	304	6.3	48.1	8" WTF 6/7 4.0 stg, 0.16 rev/gal, Bend 1.50°	0.22	0.35	Napo	Lutita, Caliza	0-1-CT-S/G-X-I-NO-TD		
DRAGO NORTE 25D	1.078	2,403	41.4	58.1	8" WTF 6/7 4.0 stg, 0.17 rev/gal, Bend 1.15°	0.78	1.02	Orteguaza, Tiyuyacu (Cgl. Sup., Chert Inf.)	Lut, Arc, Limo, Coglomerado, Carbón, Aren,	1-7-RO-NTS-X-1-CT/PN- BHA		
DRAGO NORTE 25D	1.179	1,076	26.7	40.3	8" WTF 6/7 4.0 stg, 0.17 rev/gal, Bend 1.50°	0.81	0.88	Tena, Napo	Arc, Lim, Aren, Conglomerado , Lutita, Caliza	0-2-WT-A-X-I-CT-TQ		
DRAGO NORTE 25D	1.208	347	6	57.8	8" WTF 6/7 4.0 stg, 0.17 rev/gal, Bend 1.15°	0.63	0.75	Napo	Lutita, Caliza	1-1-CT-A-X-I-WT/PN-TD		
DRAGO NORTE 25D	1.208	347	6	57.8	8" WTF 6/7 4.0 stg, 0.17 rev/gal, Bend 1.15°	0.63	0.75	Napo	Lutita, Caliza	1-1-CT-A-X-I-WT/PN-TD		
DRAGO NORTE 29D	1.052	353	3.4	103.2	8" WTF 4/5 5.3 stg, 0.25 rev/gal, Bend 1.50°	22.65	23.76	Orteguaza	Lutita, Arcilla, Arenisca, Carbon	0-1-CT-S/G-X-I-NO-DTF		

Tabla 3.18.- Tabla Resumen de corridas de 12.25” en el Campo Drago (Continuación)

DRAGO NORTE 29D	1.052	2,427	66.4	36.6	8" WTF 4/5 5.3 stg, 0.25 rev/gal, Bend 1.50°	19.32	26.5	Orteguaza, Tiyuyacu (Cgl. Sup., Chert Inf.), Tena	Lutita, Arcilla, Limolita, Arenisca, Conglomerado	5-1-RO-N-X-I-WT/PN- BHA
DRAGO NORTE 29D	1.086	469	20.9	22.5	8" WTF 7/8 4.0 stg, 0.16 rev/gal, Bend 1.50°	21.49	21.49	Tena	Arcillolita, Limolita	0-1-CT-G-X-I-PN-DMF
DRAGO NORTE 29D	1.086	334	13.1	25.5	8" WTF 6/7 4.0 stg, 0.17 rev/gal, Bend 1.50°	22.89	22.89	Tena, Napo	Arcilla, Limolita, Arenisca, Lutita, Caliza	0-2-WT-TSG-X-HC/CT- BT-TQ
DRAGO NORTE 29D	1.178	260	19.3	13.5	8" WTF 6/7 4.0 stg, 0.17 rev/gal, Bend 1.50°	21.01	22.09	Napo	Lutita, Caliza	0-1-CT-S/G-X-2-WT-TD
DRAGO NORTE 23D	1.052	2,852	74.6	38.2	8" WTF 6/7 4.0 stg, 0.17 rev/gal, Bend 1.50°	23.66	25.54	Orteguaza, Tiyuyacu (Cgl. Sup., Chert Inf.), Tena	Lut, Arc, Are, ConglomeradL imolita, Carbón	0-1-WT-TS-X-I-CT-BHA
DRAGO NORTE 23D	1.097	1,063	43.9	24.2	8" WTF 6/7 4.0 stg, 0.17 rev/gal, Bend 1.50°	10.22	23.12	Tena, Napo	Arcilla, Limolita, Arenisca, Lutita, Caliza	0-3-WT-TSG-X-2-CT/HC- TD

Elaborado por: Jonnathan Fabara

En el caudal empleado podemos ver en la Gráfica 3.46 un comportamiento similar para ambos tipos de pozo, puesto que a aproximadamente los 6800 pies se da una disminución del caudal de un valor de 800 gpm a 650 gpm, aproximadamente durante 200 pies. Después de lo cual regresa a su valor previo. De igual manera a los 7900 pies se da una disminución del caudal aproximadamente hasta los 8400 pies donde vuelve a subir su valor a 800 gpm.

El efecto del cambio de caudal se puede observar que afecta a los cálculos hidráulicos de HSI, IF y Caída de presión en la broca, (Gráfica 3.47, 3.48 y 3.51) en la cuales se puede observar de igual forma que se dan disminuciones de estos valores en las profundidades a las que el caudal varía.

Por otro lado el trabajo direccional efectuado en los pozos direccionales tipo "S" se observa que es mucho menos, esto se debe a que en esta sección se busca mantener la vertical ya que el trabajo direccional ya se realizó en la sección de 16". Por otro lado en los pozos tipo "J" se puede observar que tiene valores mayores a 0.24 grados durante toda la sección presentándose mayor trabajo direccional a la profundidad de 6700 pies y de 8500 pies. (Gráfica 3.49).

El peso aplicado en la broca es muy similar en ambos casos donde a la profundidad de 7000 pies se disminuye su valor al igual que a los 7800 pies para volver a aplicarse un peso de 30 klbs, llegando al final a ser un valor de 40 klbs. Que son valores similares presentados en la gráfica de presión que a las mismas profundidades muestra decrementos de la misma. Estos cambios se dan por control de parámetros al ingresar a los conglomerados de Tiyuyacu (Superior e inferior).

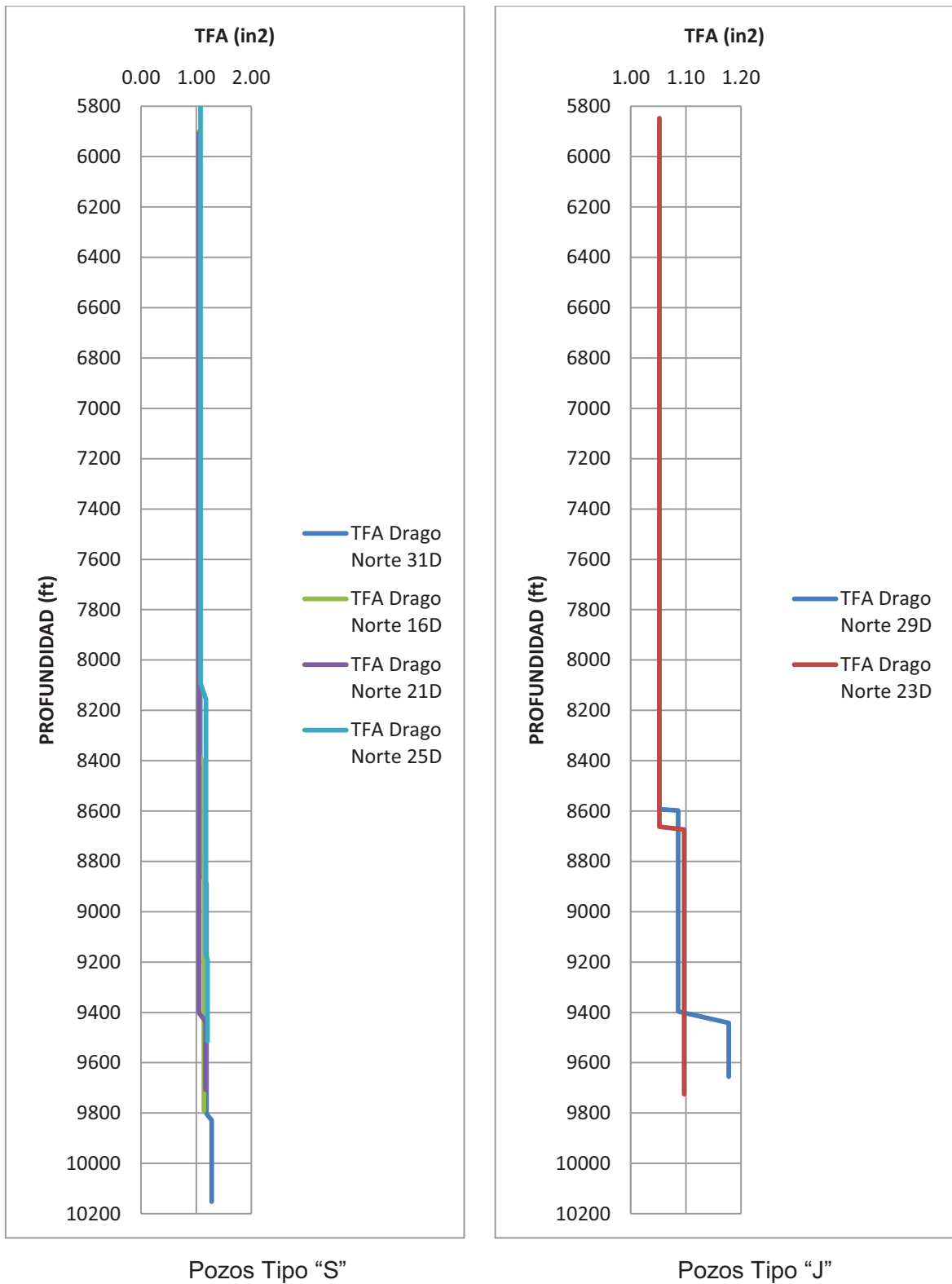
El torque al igual que las RPM aplicadas presenta valores muy similares para ambos tipos de pozos. En el caso del torque se inicia con un valor de 7.5 klbs*pie y aumenta conforme se perfora hasta 18 klbs*pie. Mientras que las RPM aplicadas para ambos pozos se mantienen en valores de 65 rpm. Disminuyendo las mismas en el control de parámetros a 45 rpm.

La presión como se puede observar está relacionada directamente con las variaciones de caudal así como del peso aplicado, pues cuando esta tiende a sobrepasar la presión límite de herramientas de perforación, se tiende a disminuir

el peso para no sobrepasar el diferencial permitido. Esto se puede observar en la Gráfica 3.52.

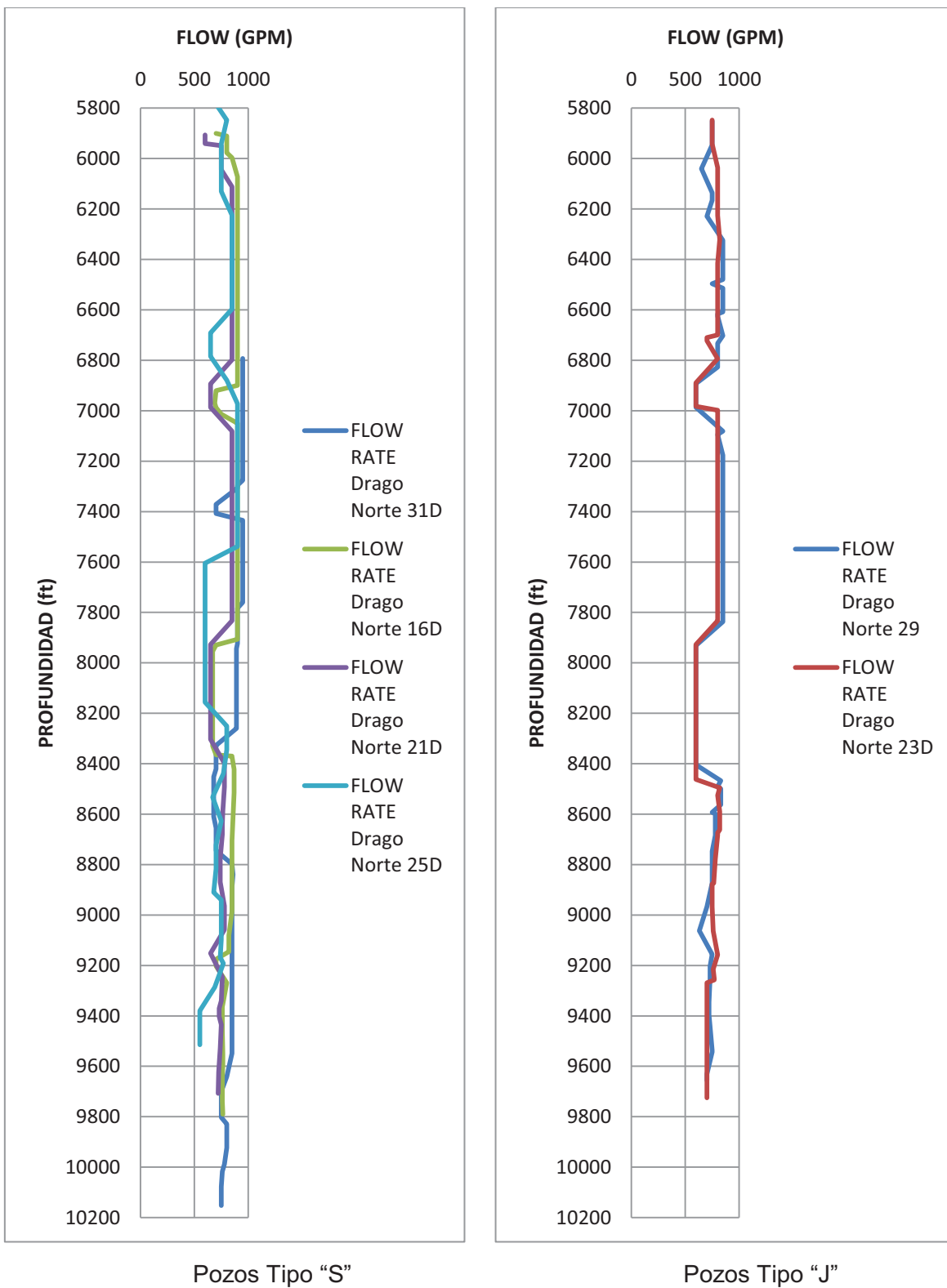
El ROP obtenido para el caso de los pozos tipo "S" se llega a un valor promedio de 100 pies/hora durante los primeros pies el cual decrece a 45 después de los 7100 pies. En cambio para el los pozos tipo "J" se puede observar que durante los primeros pies se tiene un valor promedio de 90 pies/hora y luego disminuye a 45 pies por hora para el resto de la sección.

Gráfica 3.45: Sección 12.25" Campo Drago: TFA VS PROFUNDIDAD



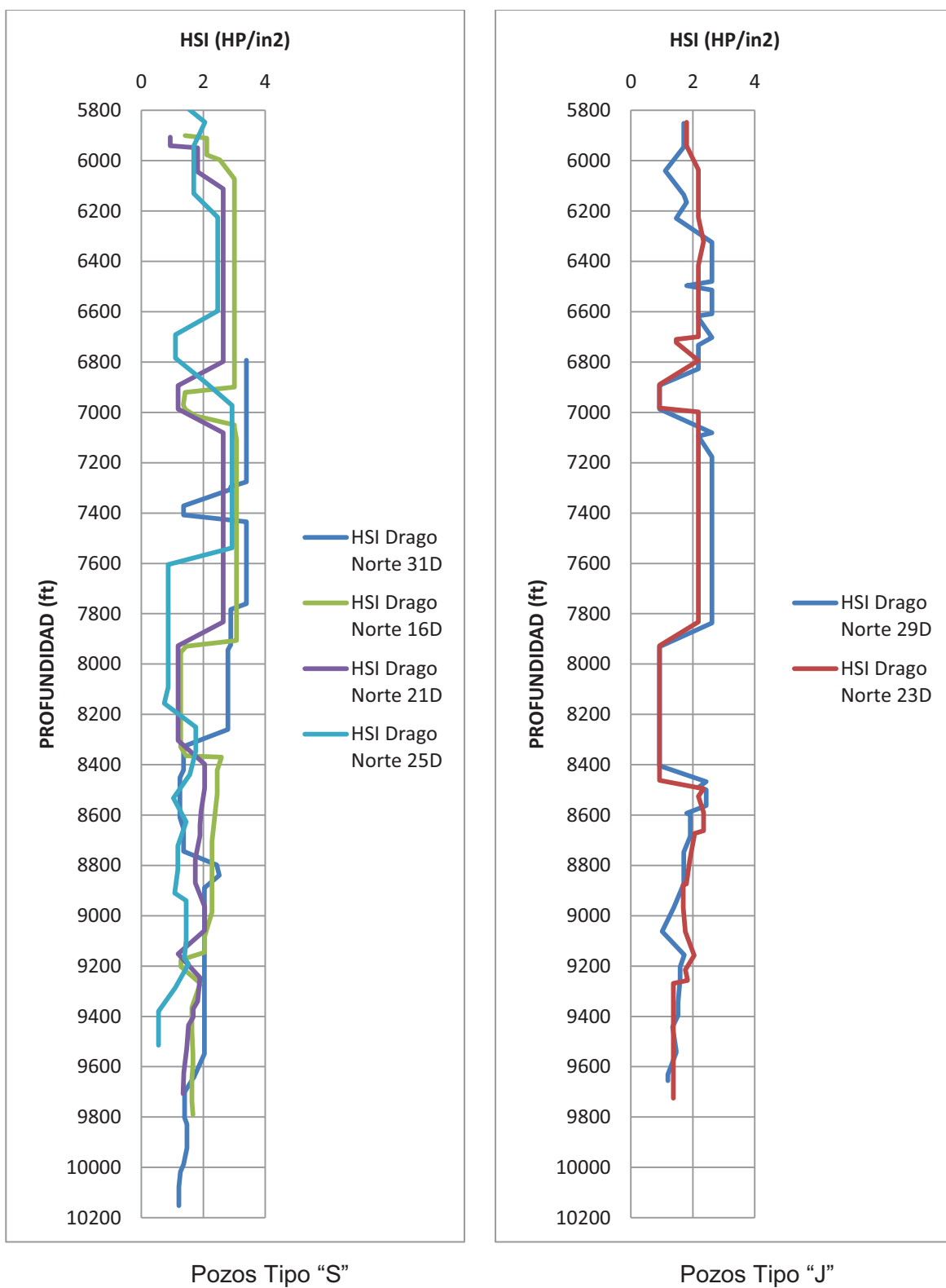
Elaborado por: Jonnathan Fabara

Gráfica 3.46: Sección 12.25" Campo Drago: Caudal vs. Profundidad



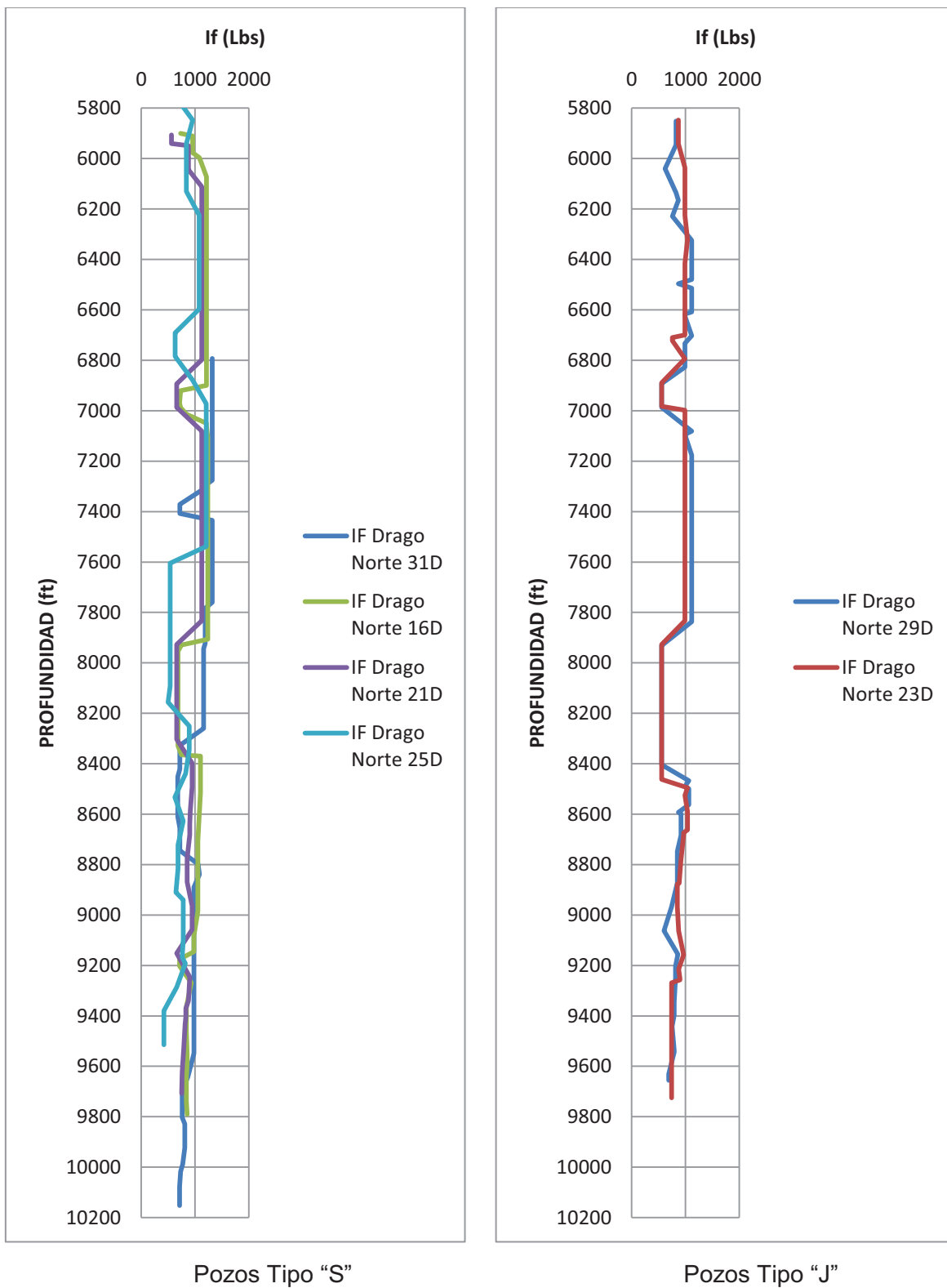
Elaborado por: Jonnathan Fabara

Gráfica 3.47: Sección 12.25" Campo Drago: HSI vs Profundidad



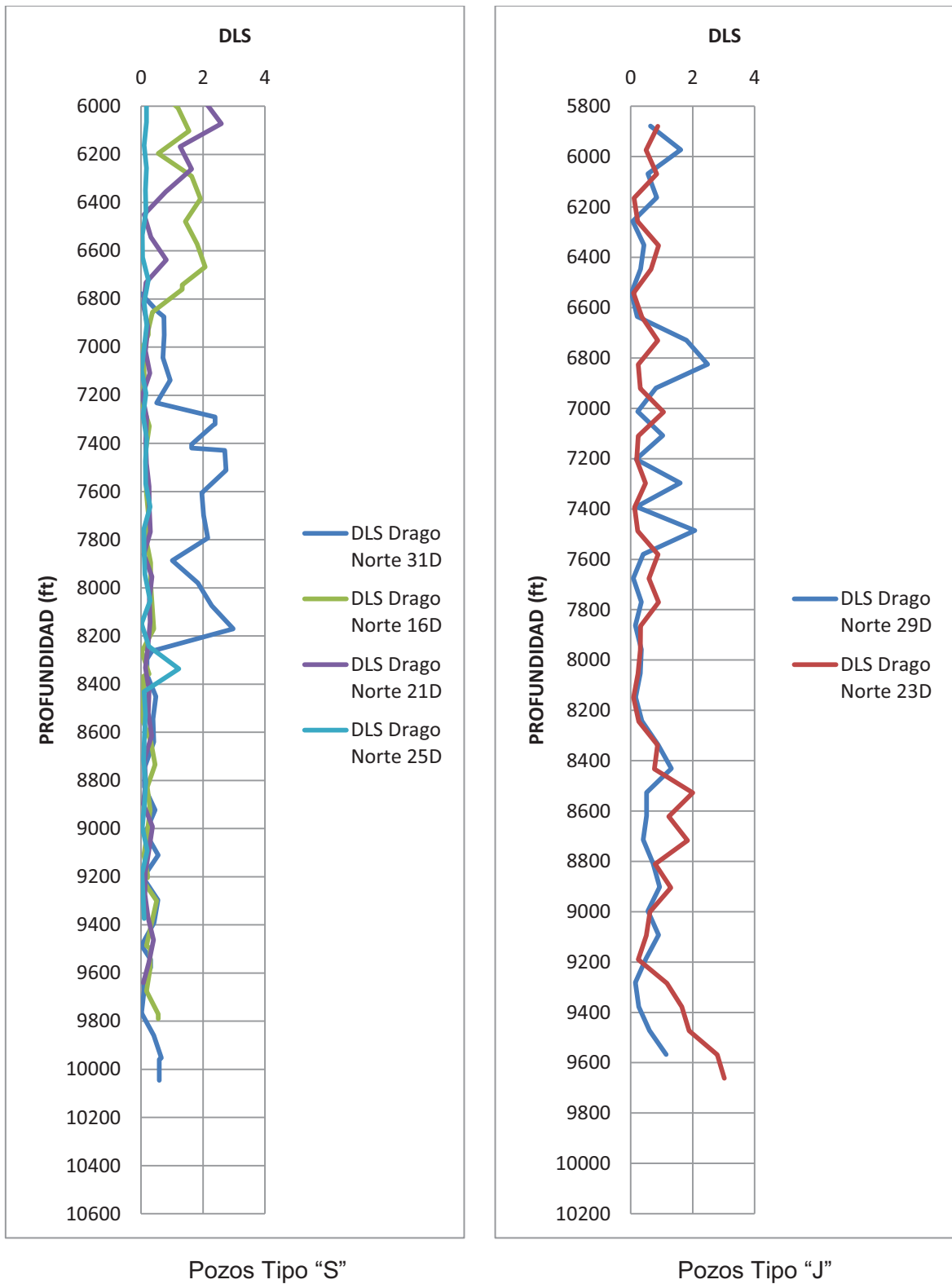
Elaborado por: Jonnathan Fabara

Gráfica 3.48: Sección 12.25” Campo Drago: Jet Impact Force vs Profundidad



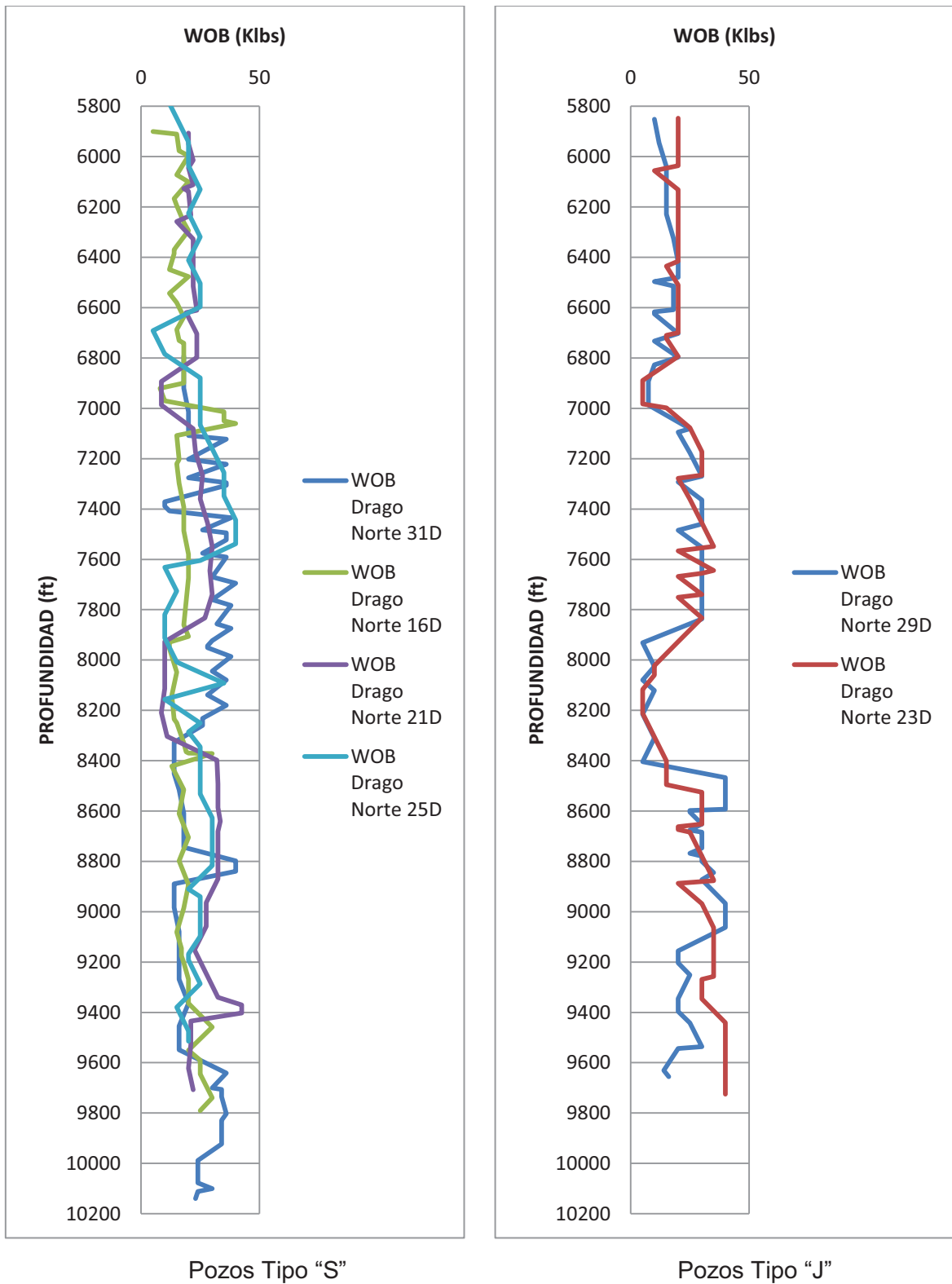
Elaborado por: Jonnathan Fabara

Gráfica 3.49: Sección 12.25" Campo Drago: Dog Leg Severity vs Profundidad



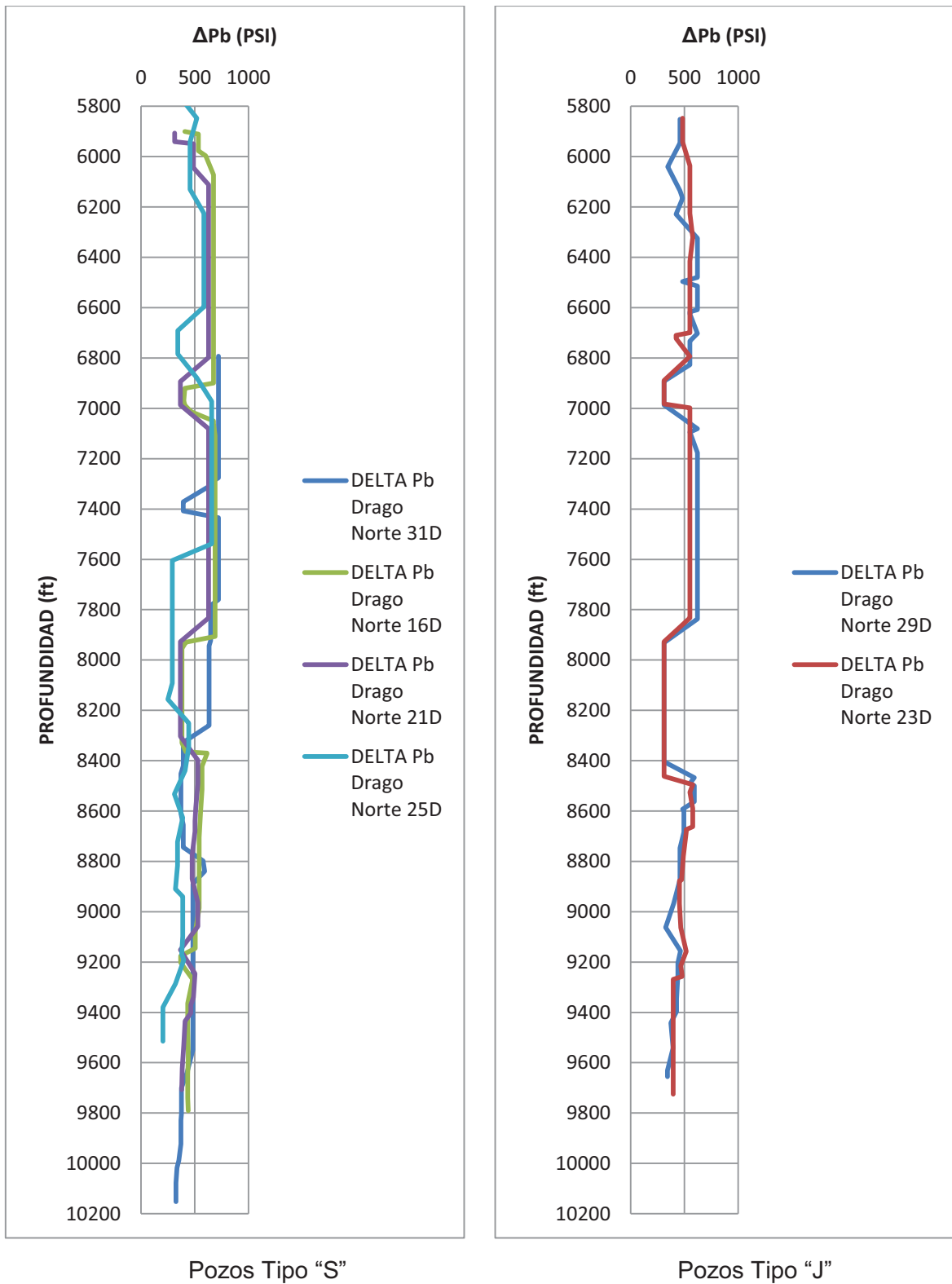
Elaborado por: Jonnathan Fabara

Gráfica 3.50: Sección 12.25" Campo Drago: WOB vs Profundidad



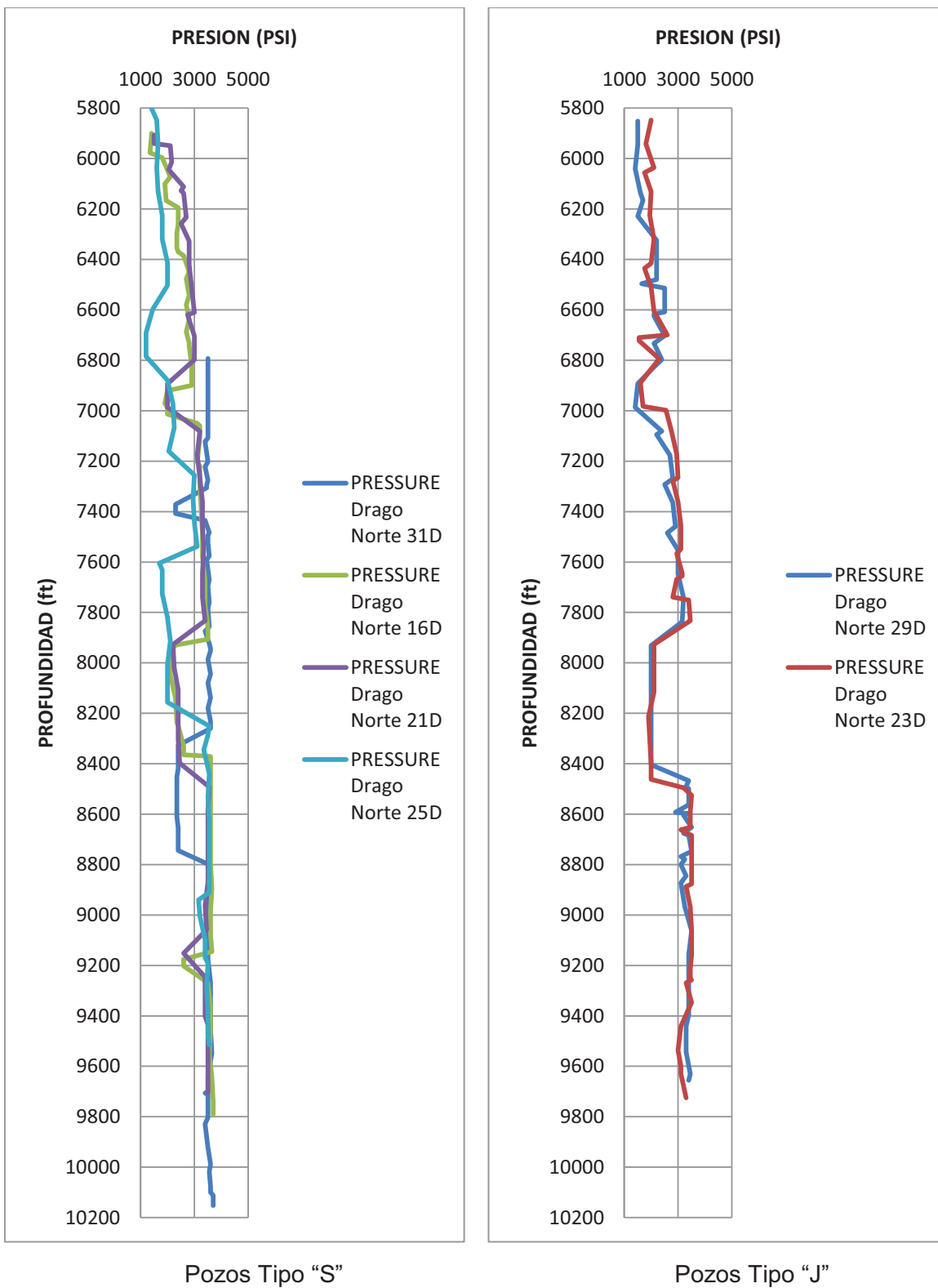
Elaborado por: Jonnathan Fabara

Gráfica 3.51: Seccion 12.25" Campo Drago: ΔP_b vs Profundidad



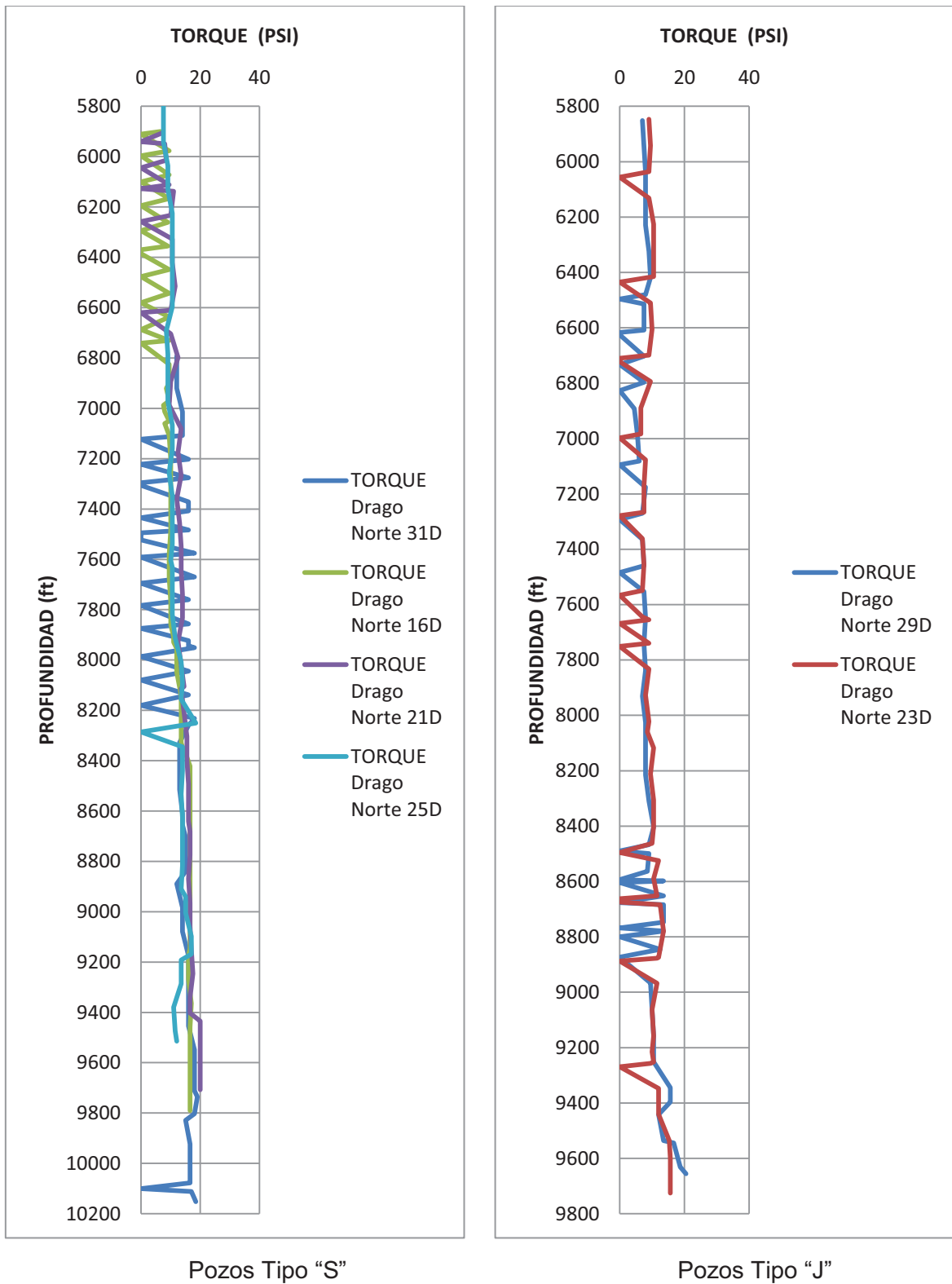
Elaborado por: Jonnathan Fabara

Gráfica 3.52: Seccion 12.25" Campo Drago: Presion vs Profundidad



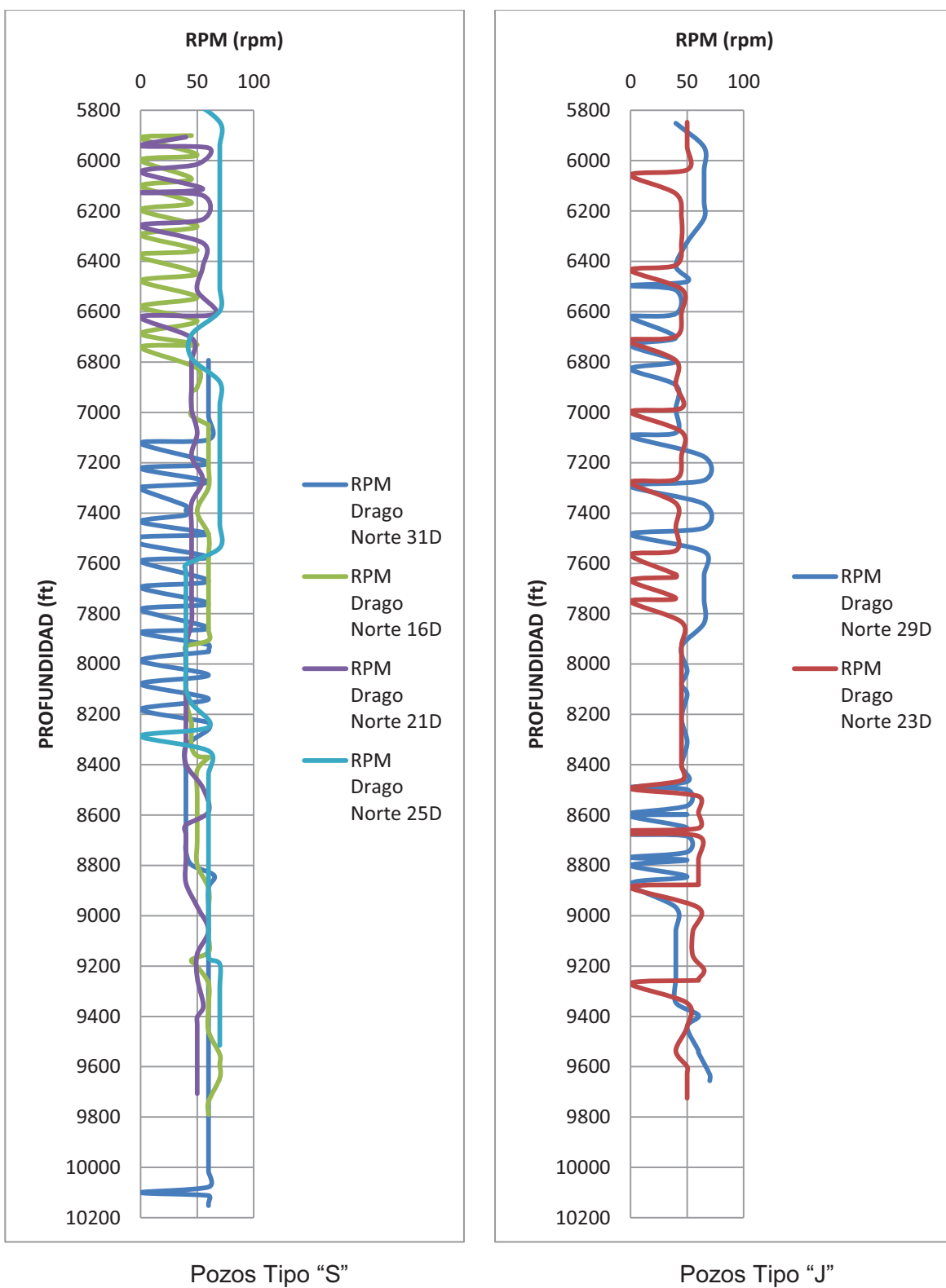
Elaborado por: Jonnathan Fabara

Gráfica 3.53: Seccion 12.25” Campo Drago: Torque vs Profundidad



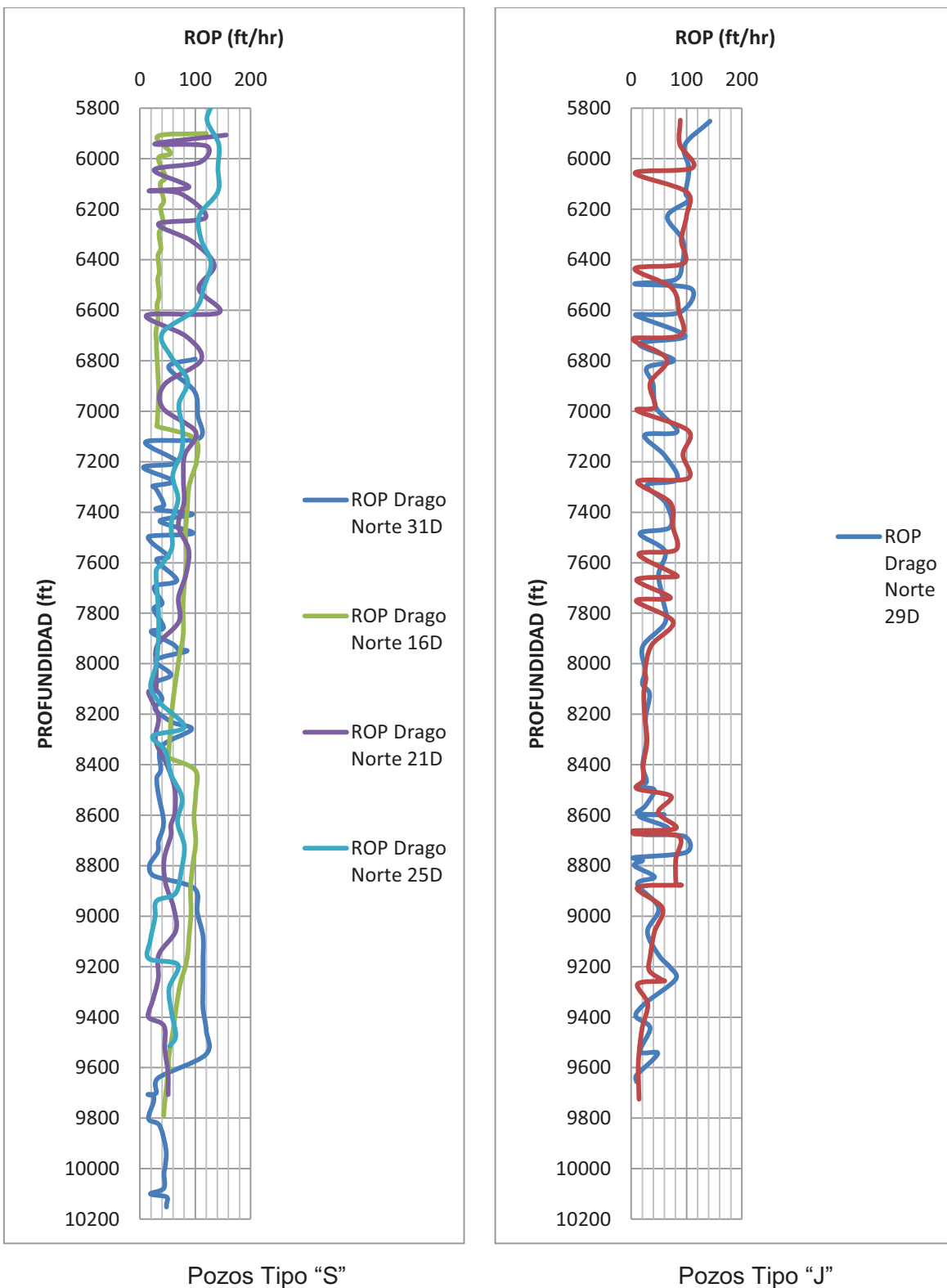
Elaborado por: Jonnathan Fabara

Gráfica 3.54: Seccion 12.25" Campo Drago: RPM vs Profundidad



Elaborado por: Jonnathan Fabara

Gráfica 3.55: Seccion 12.25" Campo Drago: ROP vs Profundidad



Elaborado por: Jonnathan Fabara

3.2.2.3. Optimización de la sección de 12 ¼"

Para ambos tipos de pozos se recomendó 2 corridas debido a las formaciones que se presentan en esta sección tales como Conglomerado superior e inferior, los cuales son duros y en el caso del conglomerado superior por la abrasividad del mismo.

Los resultados de las optimizaciones por caudal comúnmente utilizado se presentan en las Tablas 3.19 y 3.20 para pozos tipo S y en las tablas 3.21 y 3.22 para los pozos tipo J.

3.2.2.3.1. Optimización para pozos tipo S

Tabla 3.19: Sección 12.25" Campo Drago- Pozos Tipo S-Primera Corrida: Optimización a partir de caudal comúnmente usado

Cálculos a partir de caudal comúnmente usado		
Presión Disponible		
Qu=	800.000	gpm
Pb=	1667.181	psi
Aj=	0.583	in2
Dj=	10.422	in
Optimización máxima Fuerza de Impacto		
Presión mínima en superficie=	3269.470	psi
Qu=	800.000	gpm
Pbop=	1536.651	psi
Aj=	0.607	in2
Dj=	10.637	in
Optimización máxima Potencia hidráulica		
Presión mínima en superficie=	4813.386	psi
Qu=	800.000	gpm
Pbop=	3080.567	psi
Aj=	0.429	in2
Dj=	8.939	in

Elaborado por: Jonnathan Fabara

Tabla 3.20: Sección 12.25" Campo Drago- Pozos Tipo S- Segunda Corrida:
Optimización a partir de caudal comúnmente usado

Cálculos a partir de caudal comúnmente usado		
Presión Disponible		
Qu=	800.000	gpm
Pb=	1462.971	psi
Aj=	0.635	in2
Dj=	10.879	in
Optimización Máxima Fuerza de Impacto		
Presión mínima en superficie=	3654.772	psi
Qu=	800.000	gpm
Pbop=	1717.743	psi
Aj=	0.586	in2
Dj=	10.451	in
Optimización Máxima Potencia hidráulica		
Presión mínima en superficie=	5380.636	psi
Qu=	800.000	gpm
Pbop=	3443.607	psi
Aj=	0.414	in2
Dj=	8.783	in

Elaborado por: Jonnathan Fabara

3.2.2.3.2. Optimización para pozos Tipo J

Tabla 3.21: Sección 12.25" Campo Drago- Pozos Tipo J-Primera Corrida:
Optimización a partir de caudal comúnmente usado

Cálculos a partir de caudal comúnmente usado		
Presión Disponible		
Qu=	780.000	gpm
Pb=	1668.252	psi
Aj=	0.574	in2
Dj=	10.343	in
Optimización máxima Fuerza de Impacto		
Presión mínima en superficie=	3267.449	psi
Qu=	780.000	gpm
Pbop=	1535.701	psi
Aj=	0.599	in2
Dj=	10.559	in
Optimización máxima Potencia hidráulica		

Presión mínima en superficie=	4810.411	psi
Qu=	780.000	gpm
Pbop=	3078.663	psi
Aj=	0.423	in ²
Dj=	8.874	in

Elaborado por: Jonnathan Fabara

Tabla 3.22: Sección 12.25” Campo Drago- Pozos Tipo J-Segunda Corrida: Optimización a partir de caudal comúnmente usado

Cálculos a partir de caudal comúnmente usado		
Presión Disponible		
Qu=	850.000	gpm
Pb=	1537.714	psi
Aj=	0.658	in ²
Dj=	11.075	in
Optimización máxima Fuerza de Impacto		
Presión mínima en superficie=	3513.748	psi
Qu=	850.000	gpm
Pbop=	1651.462	psi
Aj=	0.635	in ²
Dj=	10.879	in
Optimización máxima Potencia hidráulica		
Presión mínima en superficie=	5173.018	psi
Qu=	850.000	gpm
Pbop=	3310.732	psi
Aj=	0.449	in ²
Dj=	9.143	in

Elaborado por: Jonnathan Fabara

3.2.3. SECCIÓN DE 8 ½”

3.2.3.1. Sumario de la sección de 8.5” de los pozos perforados en el campo Drago

La sección de 8.5” del campo Drago atraviesa por las formaciones Napo y Hollín, con una litología compuesta principalmente por Caliza, Lutita, Arenisca y carbón, Para perforar esta sección se ha implementado una broca cuerpo matriz, de 6 aletas y cortadores de 16mm.

A continuación se da una descripción de la perforación de la sección de 8.5" para cada uno de los pozos puestos en análisis.

3.2.3.1.1. Drago Norte 31D

Desde 10,120 pies hasta 10,920 pies TD (Formaciones: Napo, Hollín)

Mantener verticalidad hasta 0.40° en TD

Para la sección final del pozo se utilizó una broca PDC cuerpo de matriz de seis aletas y cortadores de 16mm. Se inicia corrida realizando Drill Out. Se perfora Napo partiendo desde la caliza M2, para evitar que se formen cavernas se trabaja con 490 gpm y para optimizar el avance, se incrementa rotaria en 70 rpm y WOB entre 16-22 klbs tratando de mantener 350 psi de diferencial en el motor. Se aprecian instantáneas de 100 pph. Se obtiene una ROP neta 80 pph para toda la corrida. Broca presenta desgaste normal principalmente en el hombro y se encuentra en calibre.

Grado IADC de Salida: 0 - 1 - WT - S - X - I - NO – TD

3.2.3.1.2. Drago Norte 16D

Desde 9790 pies hasta 10579 pies MD (Formaciones: Napo, Hollín)

Mantener verticalidad hasta 0.40° en TD

Se arma BHA con broca PDC hasta 9738pies, donde se empieza cortar equipo de flotación, tapones de desplazamiento y collar flotador y se corta cemento hasta 9775pies Se continua cortando cemento y zapato a 9787 pies con parámetros bajos más 15 pies de formación. Se retoma perforación de formación con parámetros bajos en la primera parada, luego se incrementan parámetros al alejarse del zapato. Además se controla rotación en las arenas de producción por la abrasividad de las mismas. Se trabaja con 70 RPM por requerimiento direccional para controlar giro del pozo. Se determina TD del pozo a 10579pies.

Al salir la broca a superficie presenta desgaste por fricción sobre todo en la parte del hombro y Gauge, sale 2/16" fuera de calibre y la broca se saca por culminación de la perforación.

Grado IADC de Salida: 1-2-WT-A-X-2-CT-TD.

3.2.3.1.3. *Drago Norte 21D*

Desde 9707 pies hasta 10535 pies MD (Formaciones: Napo, Hollín)

Mantener verticalidad hasta 1.04° en TD

Para perforar la sección se utiliza una broca PDC, cuerpo de matriz, 6 aletas y cortadores de 19mm. Perfora en 2 corridas 708 pies con una ROP neta de 48.5 pies/hora

- Corrida No 1

Se perfora collar flotador a 9666 pies y zapato a 9707 pies con 400 gpm, 40 rpm, WOB 10-15 klbs. Se realiza prueba de casing, cambio de fluido y test de formación. Se rota desde las al 100%. Se registra torque alto de hasta 21 klbs/pies teniendo que limitar el WOB para evitar que la tubería se detenga. Termina la corrida para toma de núcleo a 10084 pies.

La broca presenta estructura de corte interna con 3 cortadores astillados, estructura de corte exterior con desgaste natural por abrasión; los astillamiento se observan en el área del cono; broca en calibre. Como segunda característica de desgaste se tiene cortadores levemente desgastados. Sale del hoyo por llegar a la profundidad programada para toma de núcleo.

Grado IADC de Salida: 1 - 1 - CT - C- X - I – WT – CP

- Corrida No 2

Broca inicia segunda corrida después del corte de los 120 pies de núcleo en formación Napo (Arenisca "T" Superior e Inferior). Se perfora rotando al 100% con ROP instantánea buena entre 30-70 pies/hora, continua presencia de torque alto deteniéndose la tubería esporádicamente limitando en ocasiones el peso sobre la broca.

La broca presenta estructura de corte interna con desgaste por astillamiento, estructura de corte externa con mayor desgaste natural por abrasión. El desgaste abrasivo se encuentra en todas las áreas. La broca sale en calibre. Como 2da característica de desgaste, cortadores astillados. Sale del hoyo por llegar a profundidad final del pozo.

Grado IADC de Salida: 1 - 1 - WT – A - X - I – CT – TD

3.2.3.1.4. *Drago Norte 25D*

Desde 9515 pies hasta 10265 pies TD (Formaciones: Napo, Hollín)

Mantener verticalidad hasta 0.63° en TD

Se usa una broca PDC cuerpo de Acero de 6 aletas y cortadores de 19mm que perfora 750 pies en una sola corrida con ROP neta de 42.6 pies/hora de las formaciones Napo y Hollín. Se rota al 100% con ROP instantánea de hasta 100 pies/h. Desde 9700 pies comienza a presentarse torque errático, variación de diferencial de presión y cambios bruscos de RPM en superficie. A la profundidad de 10135 pies cae drásticamente la ROP a 10-15 pies/hora pero después mejora a 10170 pies terminando la corrida con rata de 30-35 pies/h en arenisca Hollín.

Grado IADC de Salida: 2 - 4 - WT - A - X - I – CT/HC – TD

3.2.3.1.5. *Drago Norte 29D*

Desde 5810 pies hasta 9725 pies MD (Formaciones: Napo, Hollín)

Tumba ángulo desde 21.01° hasta 6.48°.

Para perforar un intervalo de 812 pies, correspondientes a la formación Napo y Hollín, se utilizaron dos brocas PDC que en dos corridas con una ROP neto de 59.22 pies/hora.

- Corrida No 1

Se usa broca PDC cuerpo de Matriz 5 aletas y cortadores de 16mm que perfora 376 pies con ROP neta de 55.1 pph de la formación Napo. Rotando al 100% con ROP instantánea entre 50-70 pies/hora. Se deslizan 18 pies para tumbar ángulo con problemas de estoleamiento de motor al perforar los primeros 5 pies, y los 13 pies restantes se los desliza con tool face estable y a ROP entre 10-20 pies/hora. Después, rotando la ROP es de entre 40-80 pies/hora. Se circulan 2 veces recortes de fondo hasta que lleguen a superficie para determinar puntos de núcleo.

Calificación IADC de Salida: 0 - 1 - CT - S/G - X - 1/16 - LM - CP

- Corrida No 2

Se usa broca PDC cuerpo de Acero, 6 aletas y cortadores de 19mm que perfora en la primera corrida 123 pies con ROP neta de 51.7 pies/hora de la formación

Napo. Se rota al 100% con ROP instantánea entre 40-80 pies/hora con intercalaciones de lutita, caliza y arenisca. No se presentan dificultades en la perforación.

Calificación IADC de Salida: 0 - 1 - WT - S - X - I - NO - CP

- Corrida No 3

Se usa broca PDC de la anterior corrida y perfora en la segunda corrida 313 pies con ROP neta de 69.6 pies/hora de las formaciones Napo y Hollín. Se rota al 100% con ROP instantánea entre 50-90 pies/hora. No se presentan dificultades en la perforación.

Calificación IADC de Salida: 1 - 1 - WT – C/S - X - I - NO – TD

3.2.3.1.6. *Drago Norte23D*

Desde 9725 pies hasta 10691 pies MD (Formaciones: Napo, Hollín)

Tumba ángulo desde 10.22°/ 5.08°

Se utilizó para la perforación de 966 pies, una broca PDC cuerpo matriz, 6 aletas y cortadores de 19 mm, la cual perforó toda la sección en una sola corrida 966 pies con ROP neta de 38.4 pph de la formación Napo y todo Hollín. Se desliza para levantar ángulo con problemas de colgamiento de sarta y estoleo del motor a ROP instantánea de 10 pies/h, mientras que rotando la ROP fue entre 40-70 pies/h. Después de conseguir alinear el pozo con el plan direccional, se rota al 100% con subidas de presión hasta 600 psi de diferencial.

En la Tabla 3.23., se resumen las corridas de las brocas para la sección de 8.5” para los pozos en análisis.

Tabla 3.23: Tabla Resumen de corridas de 8.5" en el Campo Drago

Pozo	TFA	Intervalo	Hrs. Net.	ROP Net	Motor	Incl. Salida	Incl. Max	Formaciones	Litología	Calificación
DRAGO NORTE 31D	0.778	1,117	9.8	114	6 3/4" WTF 6/7 5.0 stg, 0.29 rev/gal, 1.15°	0.4	0.84	Napo, Hollín	Lutita ,Arenisca	0-1-WT-S-X-I-NO-TD
DRAGO NORTE 16D	0.778	789	20.5	38.5	6 3/4" WTF 6/7 5.0 stg, 0.29 rev/gal, 1.15°	0.69	0.7	Napo, Hollín	Arenisca, Lutita, Caliza,	1-2-WT-A-X-2-CT-TD
DRAGO NORTE 21D	0.778	377	6.8	55.4	6 3/4" WTF 6/7 5.0 stg, 0.29 rev/gal, 1.15°	0.47	0.47	Napo	Lutita, Caliza, Arenisca	1-1-CT-C-X-I-WT-CP
DRAGO NORTE 21D	0.778	331	7.8	42.7	6 3/4" WTF 6/7 5.0 stg, 0.29 rev/gal, 1.15°	1.04	1.04	Napo, Hollín	Lutita, Arenisca, Caliza, Carbon	1-1-WT-A-X-I-CT-TD
DRAGO NORTE 25D	0.778	750	17.6	42.6	6 3/4" WTF 6/7 5.0 stg, 0.29 rev/gal, 1.15°	0.63	0.72	Napo, Hollín	Caliza, Lutita, Arenisca,	2-4-WT-A-X-I-C/HC-TD

Elaborado por: Jonnathan Fabara

Tabla 3.23. (Continuación).- Tabla Resumen de corridas de 8.5" en el Campo Drago

DRAGO NORTE 29D	0.796	376	6.8	55.1	6 3/4" WTF 6/7 5.0 stg, 0.29 rev/gal, 1.50°	13.12	20.01	Napo	Caliza, Lutita, Arenisca	0-1-CT-S/G-X-1-LM-CP
DRAGO NORTE 29D	0.778	123	2.4	51.7	6 3/4" WTF 6/7 5.0 stg, 0.29 rev/gal, 1.50°	9.77	9.77	Napo	Caliza, Lutita, Arenisca	0-1-WT-S-X-I-NO-CP
DRAGO NORTE 29D	0.778	313	4.5	69.6	6 3/4" WTF 6/7 5.0 stg, 0.29 rev/gal, 1.50°	6.48	8.56	Napo, Hollín	Caliza, Lutita, Arenisca, Caolín, Carbón	1-1-WT-C/S-X-I-NO-TD
DRAGO NORTE 23D	0.778	966	25.2	38.4	6 3/4" WTF 6/7 5.0 stg, 0.29 rev/gal, 1.50°	5.08	12.5	Napo, Hollín	Caliza, Lutita, Arenisca, Caolín	0-1-WT-S/G-X-I-CT-TD

Elaborado por: Jonnathan Fabara

3.2.3.2. Análisis de la sección de 8 ½"

Como se puede observar en la Gráfica 3.56 para los pozos tipo "S", se mantiene un valor constante de TFA para dichos pozos con un valor de 0.778 mientras que para los pozos tipo "J" se cambió el TFA de 0.796 y posteriormente se disminuye a 0.778 in². Esta variación se da a los 10200 pies.

En la Gráfica 3.57 se puede observar que los valores de caudal empleados en los pozos tipo "S" son de aproximadamente 500 gpm durante toda la sección mientras que para los pozos tipo "J" se tiene un valor de 400 gpm para la sección.

Para la Gráfica 3.58 se puede observar que el valor promedio para la corrida de HSI en los pozos tipo "S" es de 1.3 HP/in², mientras que para los pozos tipo "J" presenta un valor de 1.013.

De igual manera en la Gráfica 3.59 se puede observar que para los pozos tipo "S" la fuerza de impacto del chorro es de 480 lbs promedio mientras que para los pozos tipo "J" es de 327 lbs.

El trabajo direccional para los pozos tipo "S" es menos que el realizado en los pozos tipo "J". Esto se debe a que como en la sección de 8.5 in, se busca mantener la verticalidad en los pozos tipo "S".

Por otro lado el peso aplicado sobre la broca en ambos tipos de pozos tienen una diferencia de 5 klbs, donde para los pozos tipo "S" es un valor de 25 klbs y para los pozos tipo "J" es de 20 klbs, esto puede deberse a que debido a la inclinación del pozo, se limita la capacidad de peso para ser aplicado sobre la broca, tendiendo así a aplicar menos peso en pozos direccionales tipo "J".

Por otro lado la caída de presión para pozos tipo "S" es mucho mayor que para pozos tipo "J" teniendo valores de 310 psi, y para pozos tipo "J" una caída de presión de 250 psi.

La presión aplica como se puede ver en la Gráfica 3.63 aumenta progresivamente con el aumento de profundidad llegando una presión máxima de 2200 psi para pozos tipo "S" y 2000 psi para pozos tipo "J".

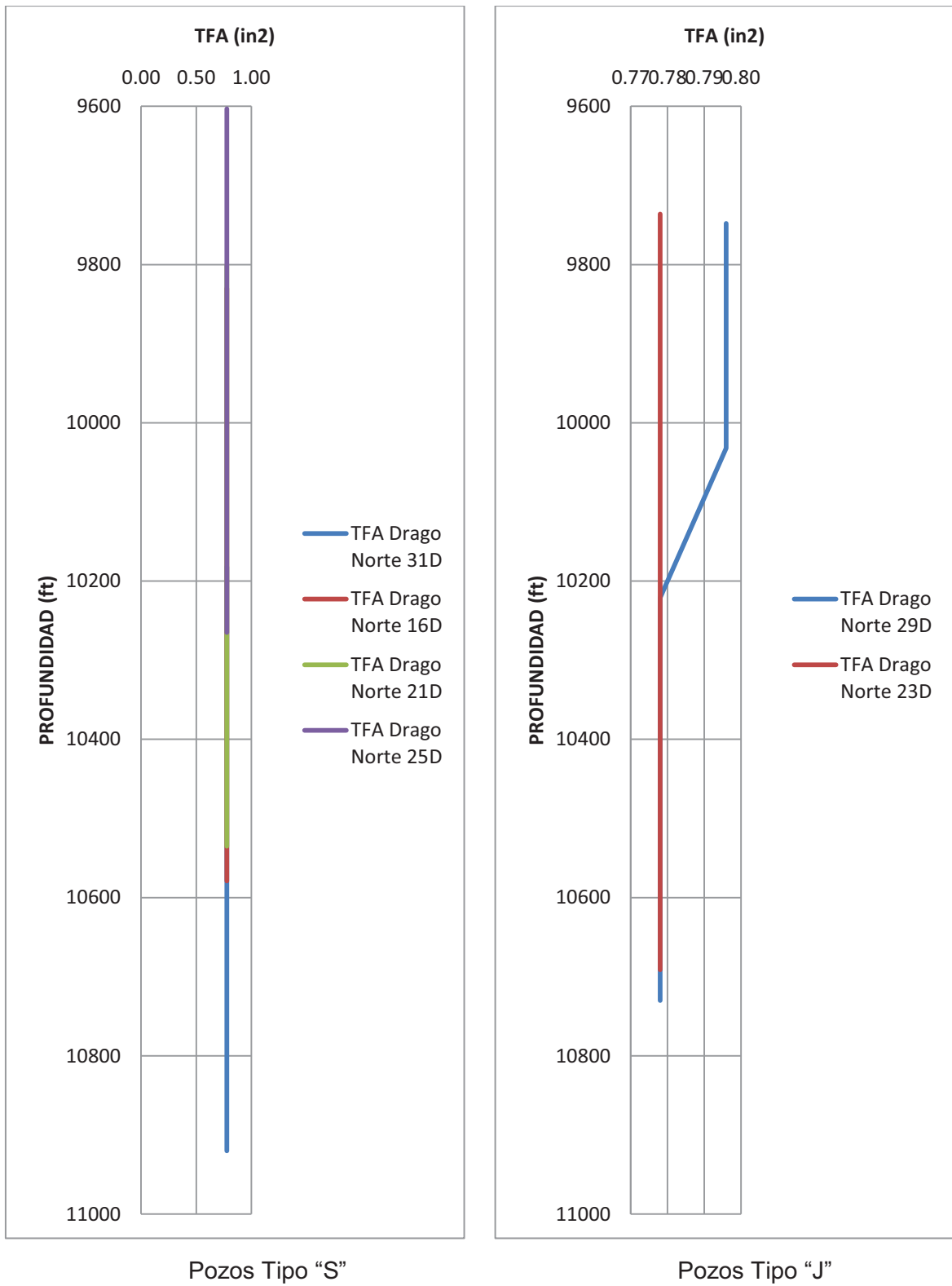
Por otro lado el torque obtenido para ambos tipos de pozos presenta un valor alto para ambos casos teniendo valores de 18 a 20 klbs* pie durante la perforación de la sección, esto se puede observar en la Gráfica 3.64.

Las RPM aplicadas en los pozos tipo "S" tienen un valor de 70 rpm mientras que para pozos tipo "J" tiene un valor de 40r rpm, debido a que en los pozos tipo S se busca mantener la verticalidad en la última sección y en los pozos tipo J se intenta que la sarta mantenga la tangente.

La ROP obtenida para ambos tipos de pozos es muy similar llegando a un valor de 50 pies por hora en esta sección.

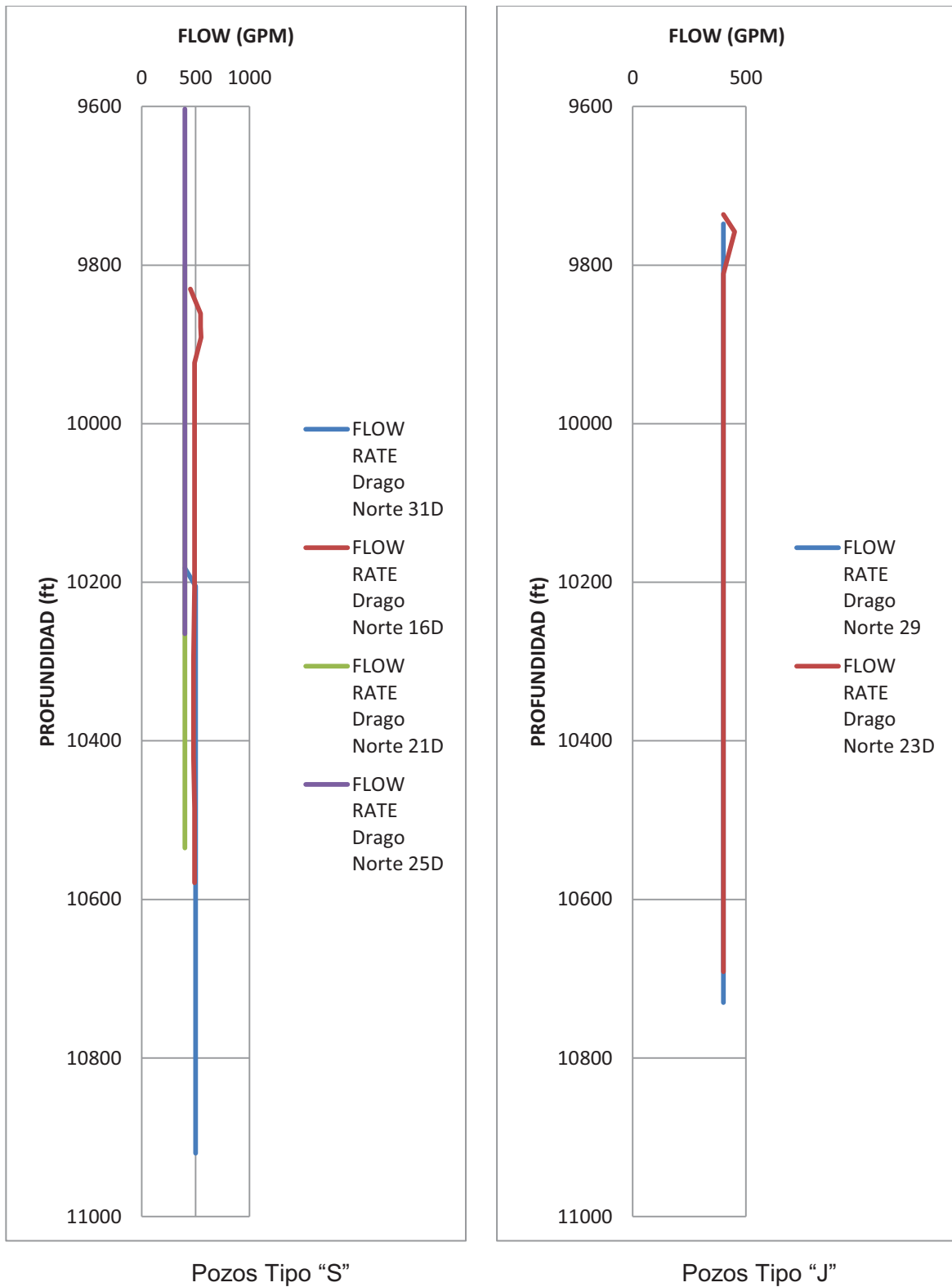
Por todos los datos analizados, la sección de 8.5 para el campo drago depende mucho del trabajo direccional realizado y las ROP obtenidas dependerán del tipo de caudal y RPM aplicadas así como del peso.

Gráfica 3.56: Seccion 8.5" Campo Drago: TFA VS PROFUNDIDAD



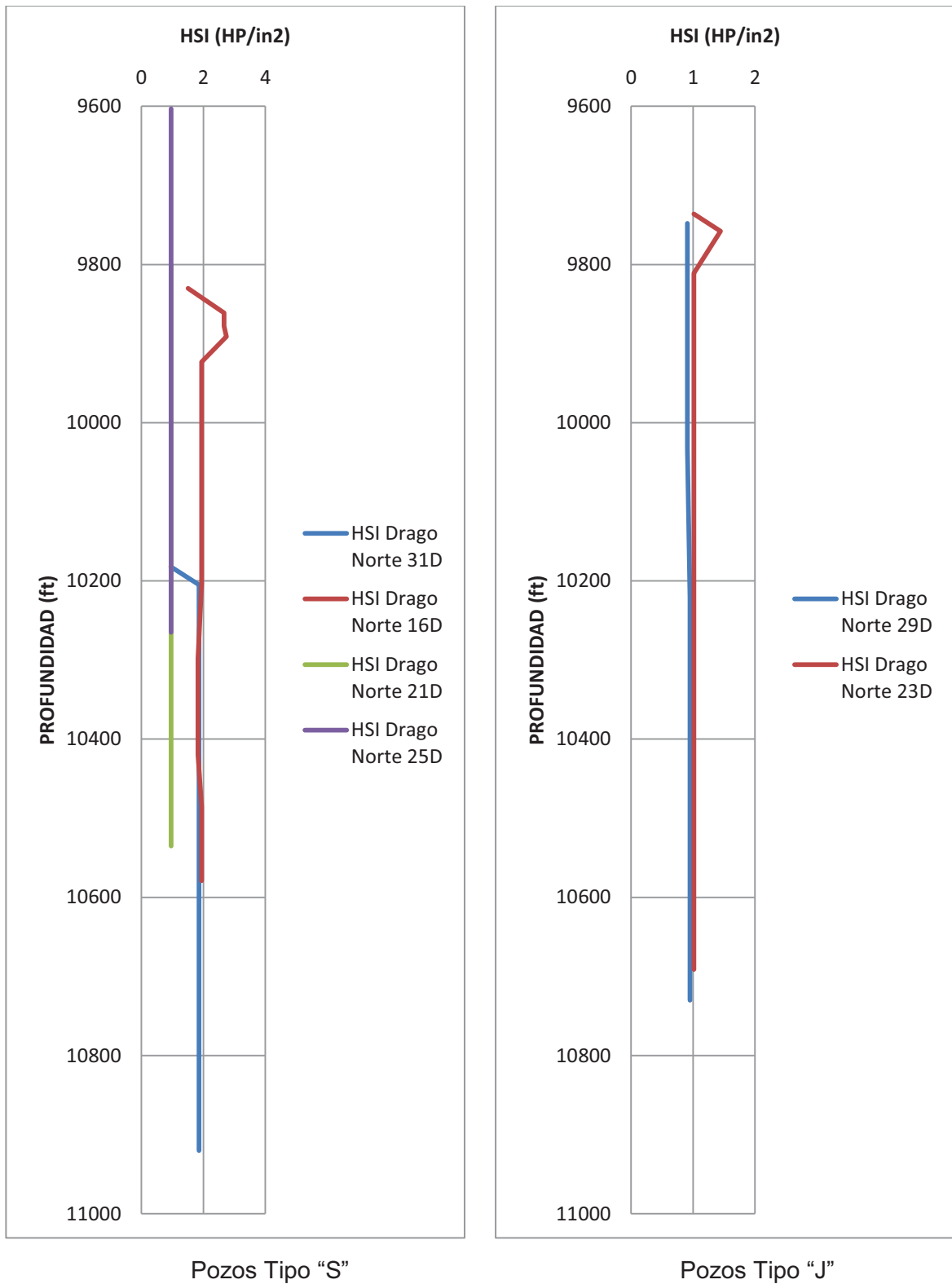
Elaborado por: Jonnathan Fabara

Gráfica 3.57: Seccion 8.5" Campo Drago: Caudal vs. Profundidad



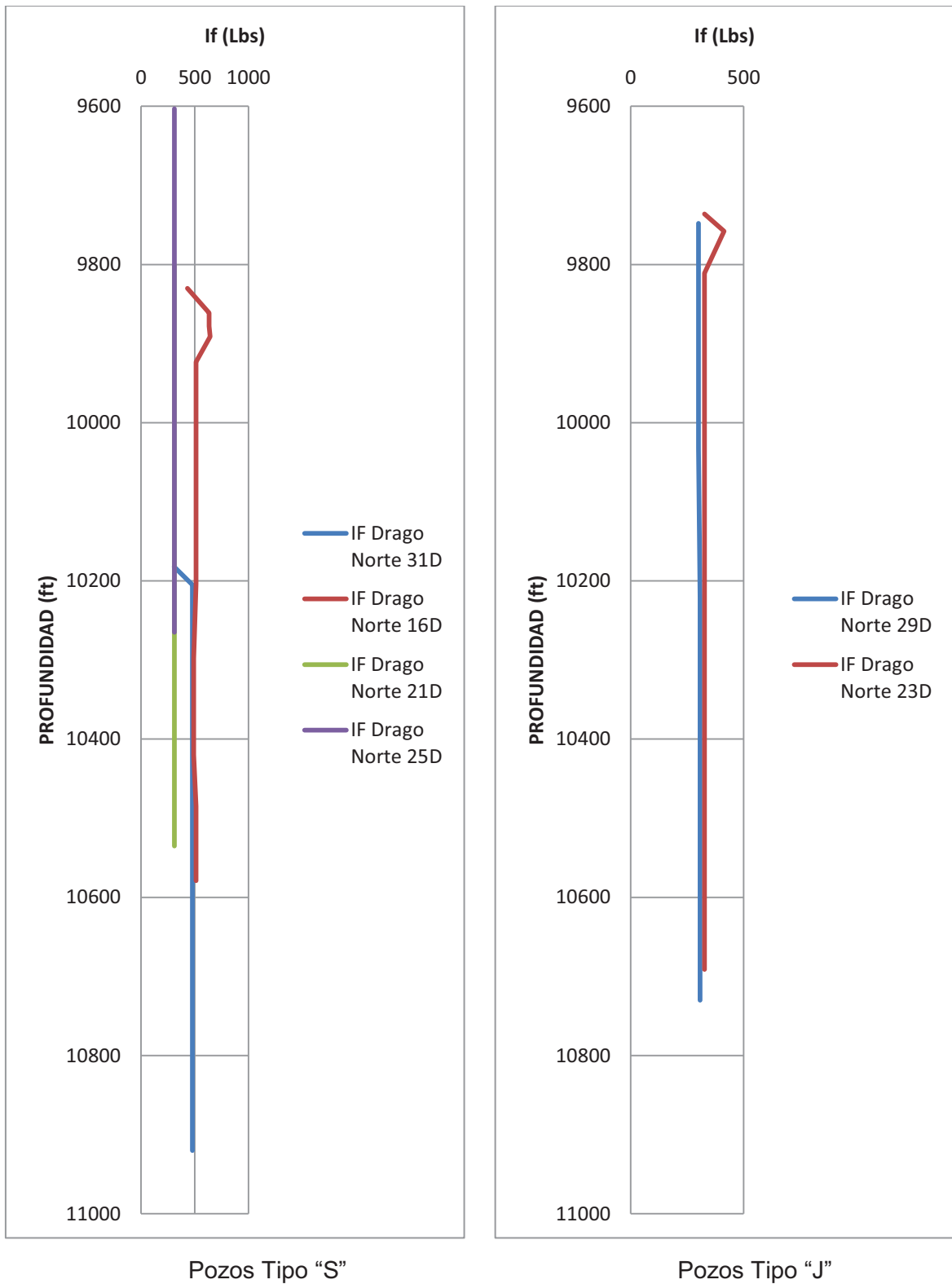
Elaborado por: Jonnathan Fabara

Gráfica 3.58: Seccion 8.5” Campo Drago: HSI vs Profundidad



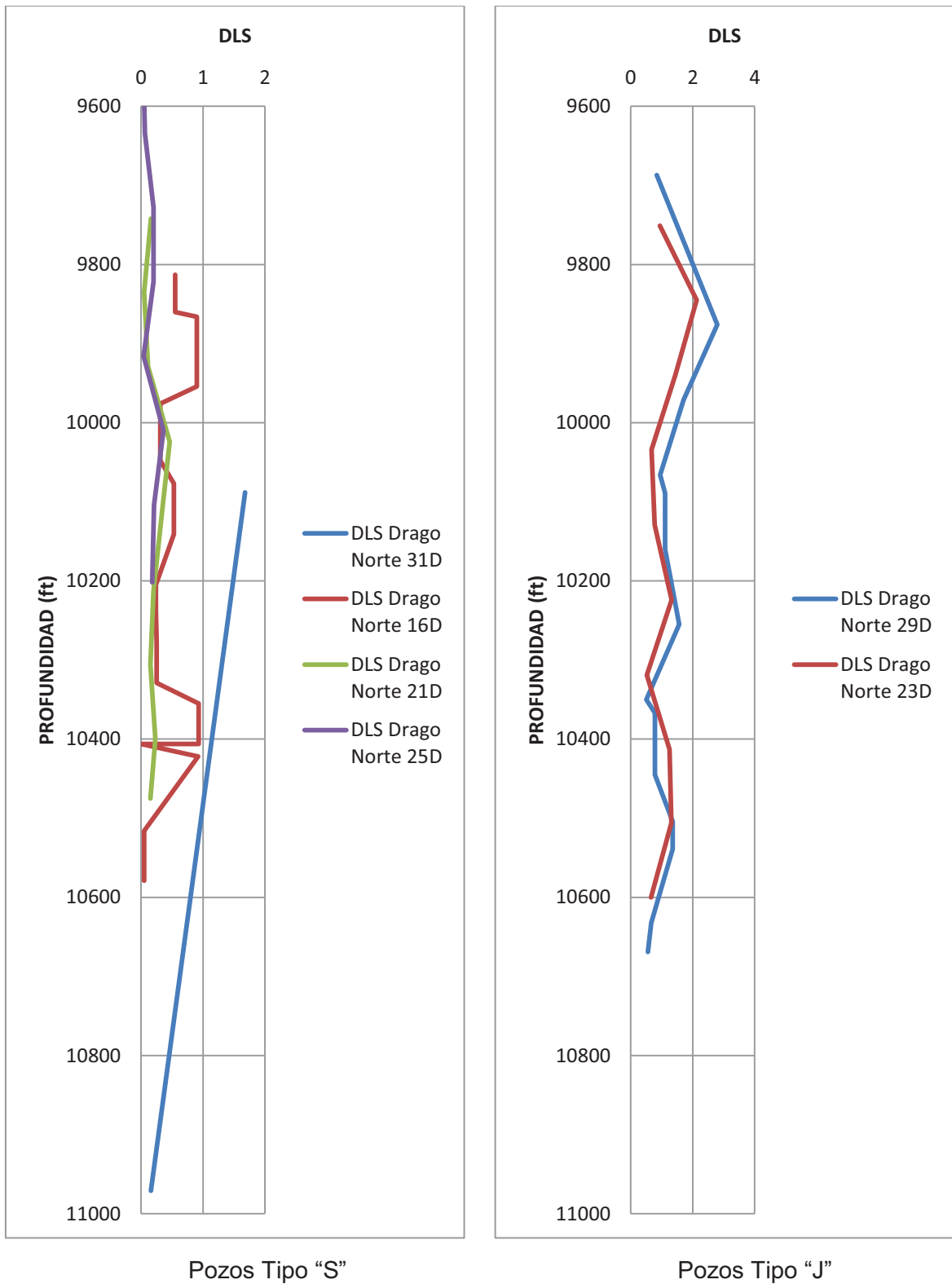
Elaborado por: Jonnathan Fabara

Gráfica 3.59: Seccion 8.5” Campo Drago: Jet Impact Force vs Profundidad



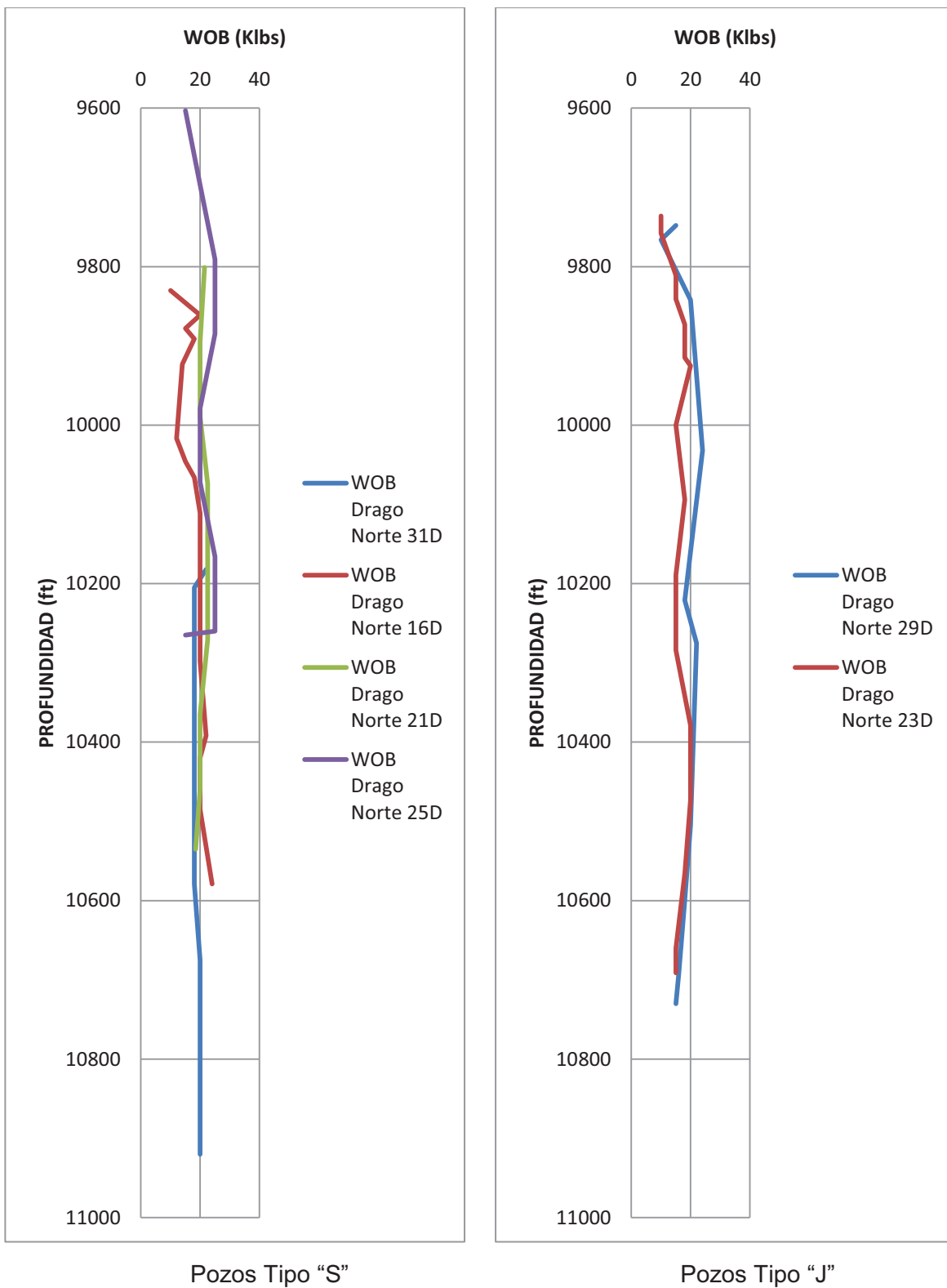
Elaborado por: Jonnathan Fabara

Gráfica 3.60: Seccion 8.5” Campo Drago: Dog Leg Severity vs Profundidad



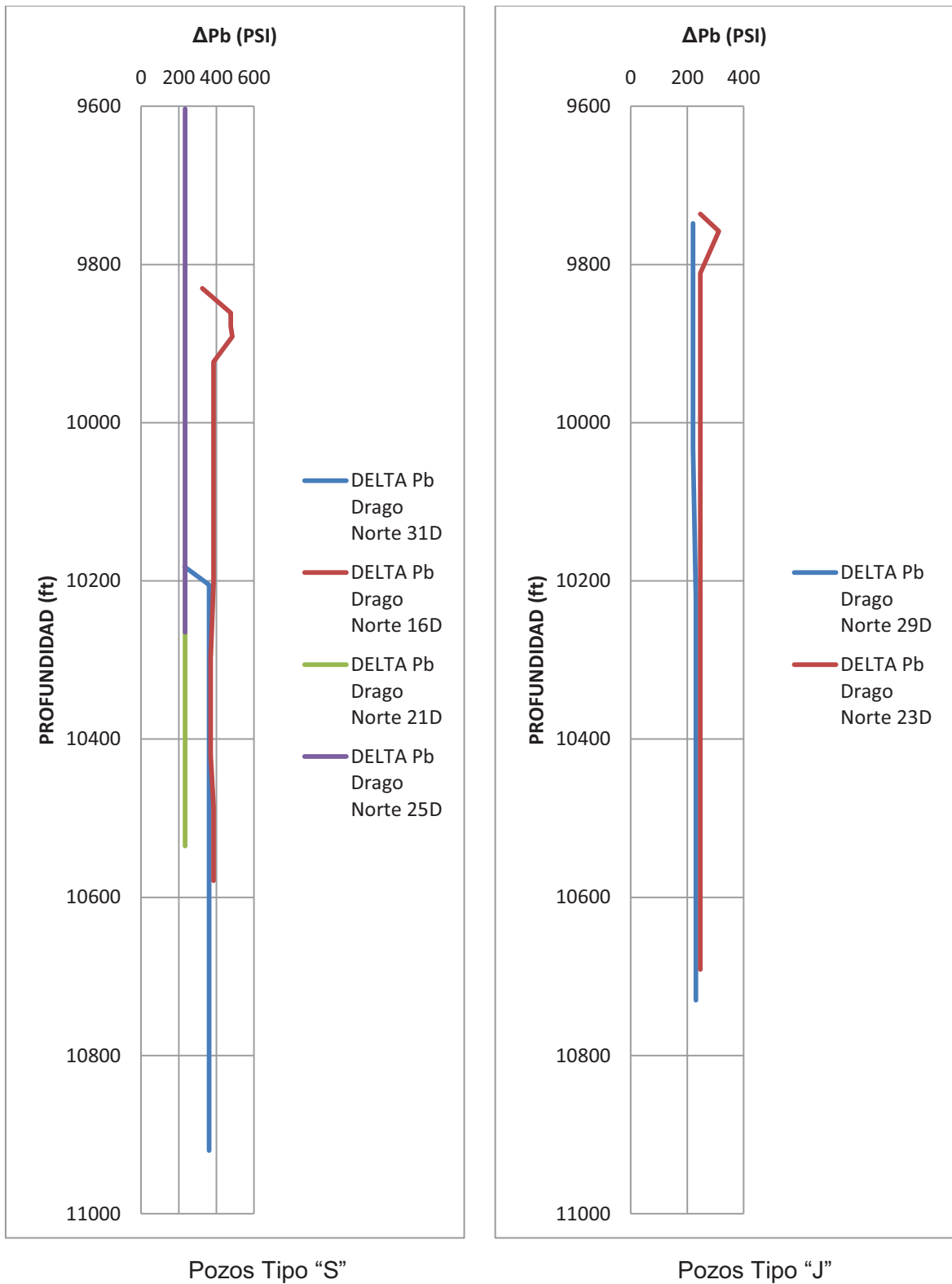
Elaborado por: Jonnathan Fabara

Gráfica 3.61- Seccion 8.5" Campo Drago: WOB vs Profundidad



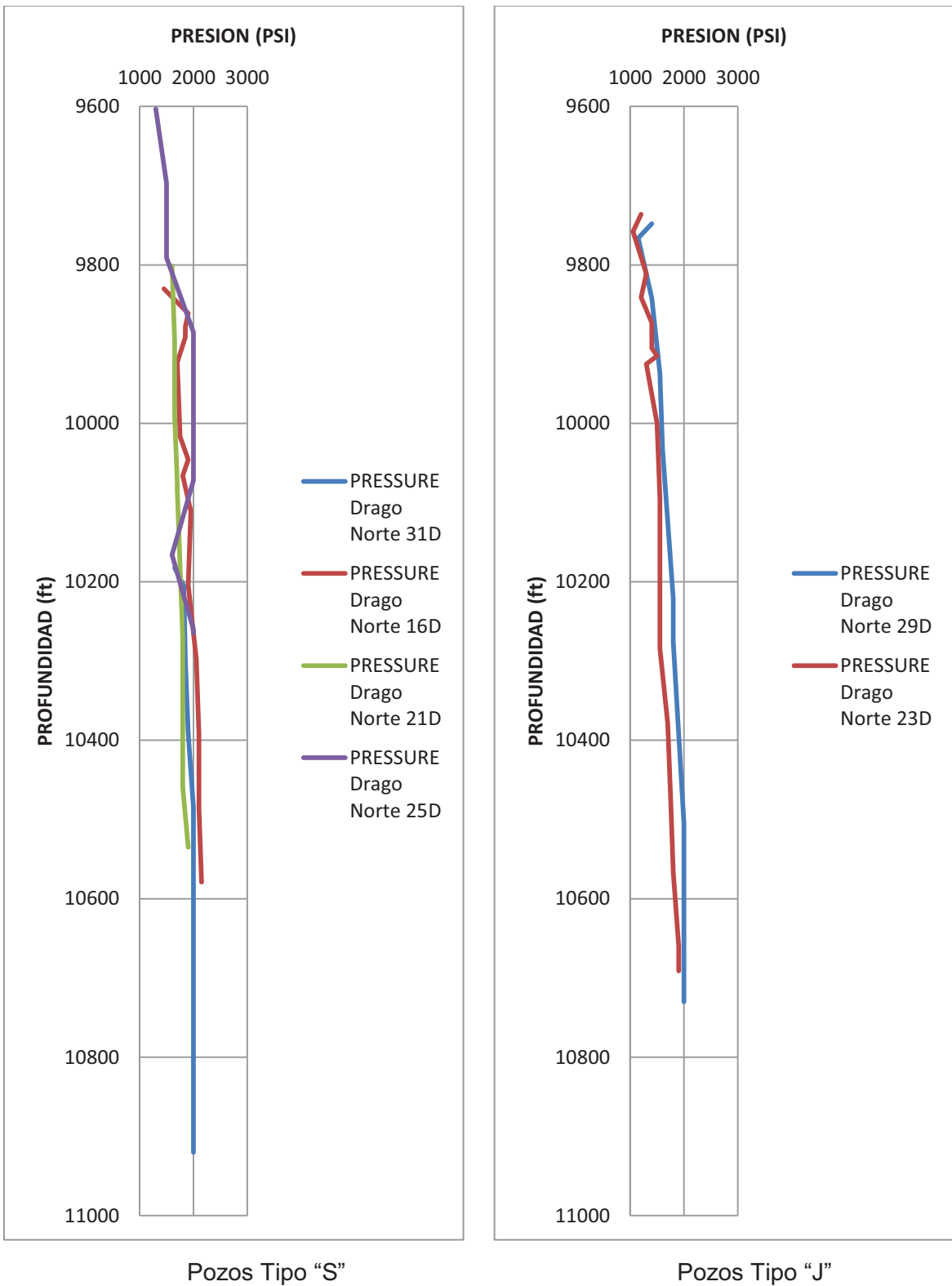
Elaborado por: Jonnathan Fabara

Gráfica 3.62: Seccion 8.5” Campo Drago: ΔP_b vs Profundidad



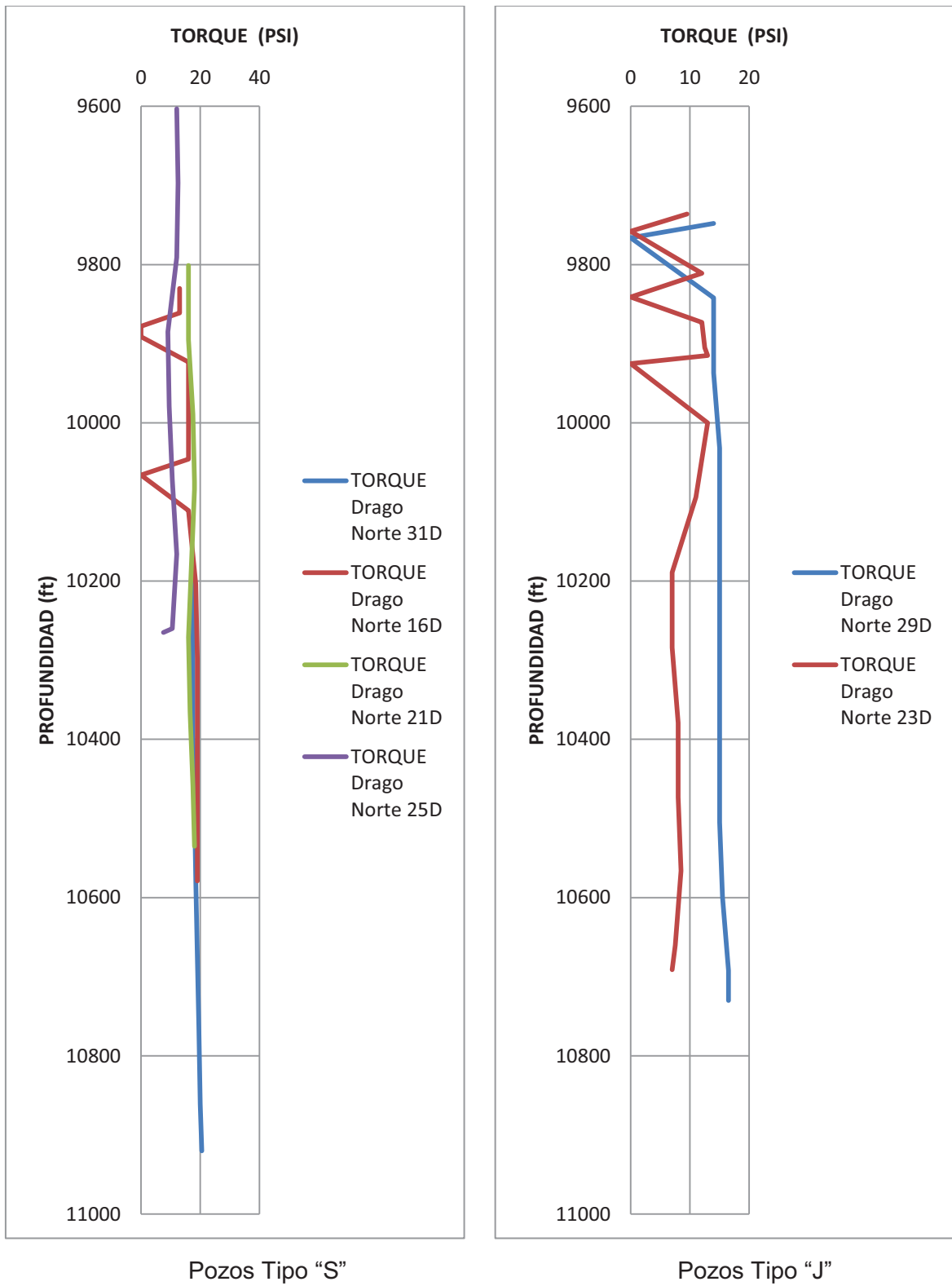
Elaborado por: Jonnathan Fabara

Gráfica 3.63: Seccion 8.5" Campo Drago: Presion vs Profundidad



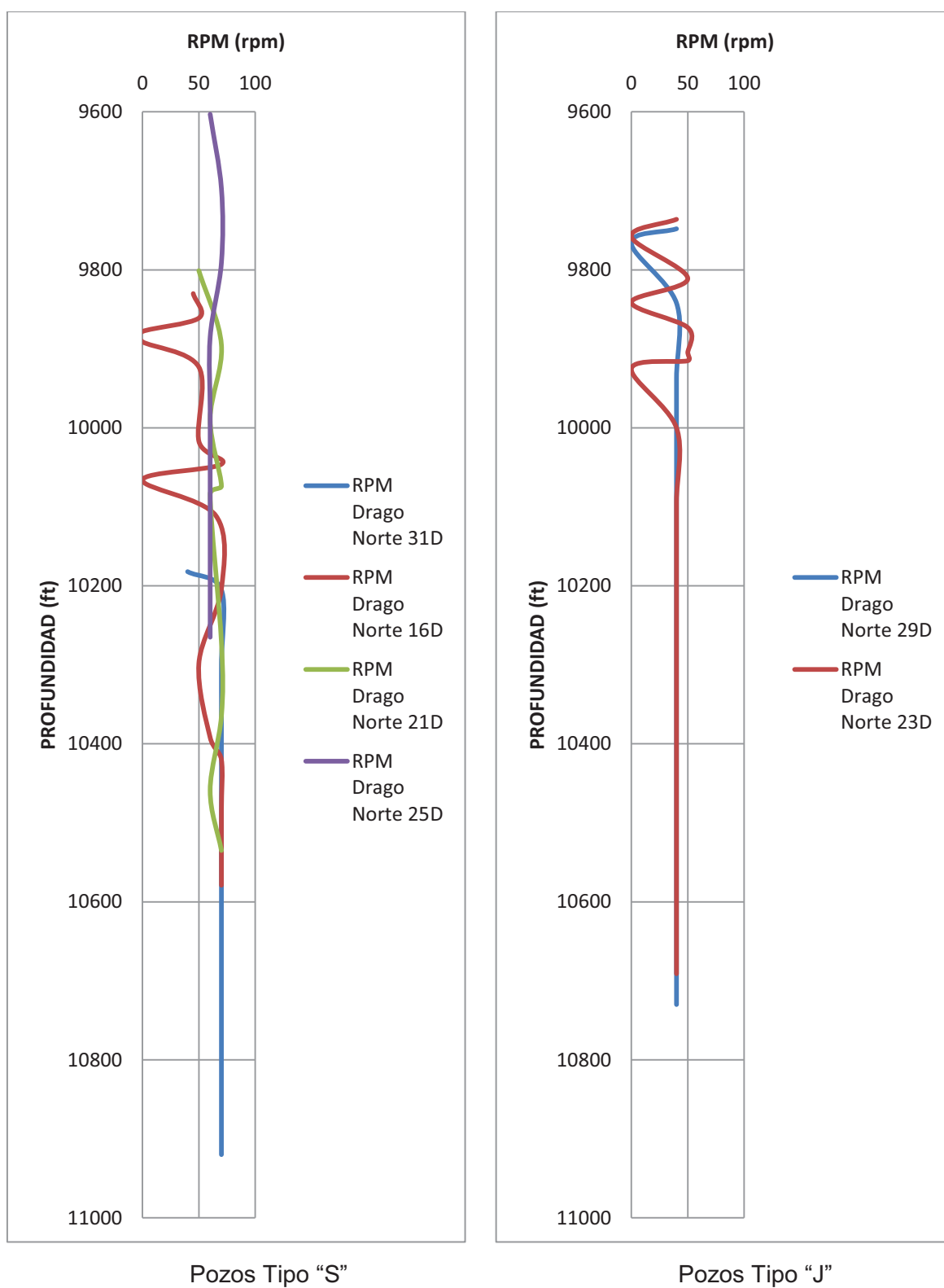
Elaborado por: Jonnathan Fabara

Gráfica 3.64: Seccion 8.5" Campo Drago: Torque vs Profundidad



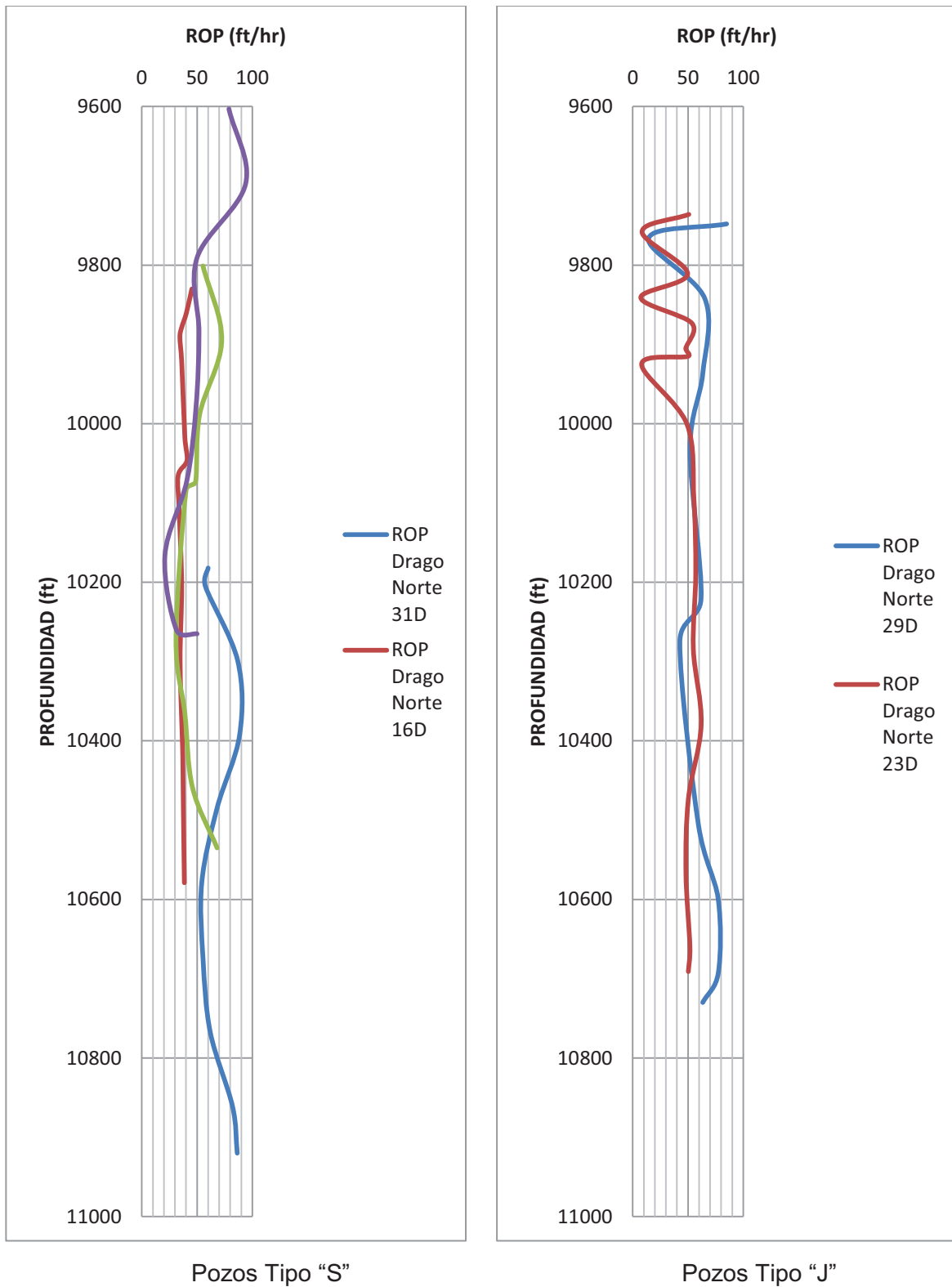
Elaborado por: Jonnathan Fabara

Gráfica 3.65: Sección 8.5" Campo Drago: RPM vs Profundidad



Elaborado por: Jonnathan Fabara

Gráfica 3.66: Seccion 8.5" Campo Drago: ROP vs Profundidad



Elaborado por: Jonnathan Fabara

3.2.3.3. Optimización de la sección de 8 ½"

Para la sección de 8.5" en el Campo Drago se recomienda una sola corrida para ambos tipos de pozos, Tipo S y Tipo J, cuyos resultados se encuentran en las tablas 3.24 y 3.25.

3.2.3.3.1. Optimización para pozos Tipo S

Tabla 3.24: Sección 16" Campo Drago- Pozos Tipo J: Optimización a partir de caudal comúnmente usado

Cálculos a partir de caudal comúnmente usado		
Presión Disponible		
Qu=	450.000	gpm
Pb=	1955.472	psi
Aj=	0.309	in2
Dj=	8.196	in
Optimización máxima Fuerza de Impacto		
Presión mínima en superficie=	2725.525	psi
Qu=	450.000	gpm
Pbop=	1280.997	psi
Aj=	0.382	in2
Dj=	9.110	in
Optimización máxima Potencia hidráulica		
Presión mínima en superficie=	4012.578	psi
Qu=	450.000	gpm
Pbop=	2568.050	psi
Aj=	0.270	in2
Dj=	7.656	in

Elaborado por: Jonnathan Fabara

3.2.3.3.2. Optimización para pozos Tipo J

Tabla 3.25: Sección 16" Campo Drago- Pozos Tipo J: Optimización a partir de .caudal comúnmente usado

Cálculos a partir de caudal comúnmente usado		
Presión Disponible		
Qu=	450.000	gpm
Pb=	1984.023	psi
Aj=	0.301	in2
Dj=	8.084	in

Optimización máxima Fuerza de Impacto		
Presión mínima en superficie=	2671.655	psi
Qu=	450.000	gpm
Pbop=	1255.678	psi
Aj=	0.378	in ²
Dj=	9.063	in
Optimización máxima Potencia hidráulica		
Presión mínima en superficie=	3933.270	psi
Qu=	450.000	gpm
Pbop=	2517.292	psi
Aj=	0.267	in ²
Dj=	7.616	in

Elaborado por: Jonnathan Fabara

CAPÍTULO 4

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 CONCLUSIONES

- La optimización de la hidráulica de la broca es un factor muy importante debido a que mediante esta, se aprovecha el poder hidráulico obtenido por la configuración de boquillas de la misma, el cual mediante el chorro, mantiene limpia la cara de la broca mientras ayuda a perforar y penetrar en la formación con mayor facilidad.
- El análisis de las diferentes secciones ha ayudado a describir de una mejor manera como se realiza la perforación para cada campo, logrando así entender cuáles son los factores que afectan a la perforación y como es el avance de la misma a medida que estos factores varían.
- Mediante el la optimización de la hidráulica a partir de un caudal comúnmente utilizado, los resultados obtenidos son los detallados en la tabla 4.1. para cada sección en cada campo asumiendo que la presión disponible del taladro es 3400 psi. De igual manera, en la Tabla 4.2 se detalla los resultados para optimización por máxima fuerza de impacto y en la Tabla 4.3 por optimización para máxima potencia hidráulica. La configuración de boquillas se realizara de acuerdo al número puertos asumidas para los cálculos, especificadas en el capítulo anterior.
- La optimización mediante fórmulas, para obtener el caudal apropiado para cada sección, no puede ser considerado como un dato cierto, puesto que como se observó en el análisis y cálculo de las hidráulica, el caudal óptimo calculado difiere considerablemente de los valores normalmente utilizados, por lo que para el cálculo de los tamaños de las boquillas de la broca, debe realizarse a partir caudales comúnmente usados, puesto que estos han dado mejores resultados con las aplicaciones utilizadas.
- El daño de los taladros de perforación en sus bombas, camisas, top drive, y tuberías, afecta el desempeño de la perforación y por lo tanto afecta al desempeño de la broca debido a la suspensión de las operaciones por mantenimiento de la misma, aumentando así el tiempo de operación.

Tabla 4.1.- Resultados por presión Disponible

	SECCION 16"	SECCION 12.25"	SECCION 8.5"
AUCA Pozos tipo "S"	Q: 950 gpm TFA: 0.739 in ² Boquillas: 3x13+2x14	<u>Primera corrida</u> Q: 780 gpm TFA:0.54 in ² Boquillas: 7x10	Q: 450 gpm TFA: 0.269 in ² Boquillas: 4x7+2x8
		<u>Segunda corrida</u> Q: 850 gpm TFA: 0.626 in ² Boquillas: 5x10+2x11	
DRAGO Pozos tipo "S"	Q: 950 gpm TFA:0.656 in ² Boquillas: 5x13	<u>Primera corrida</u> Q: 800 gpm TFA:0.583 in ² Boquillas: 5x10+2x11	Q: 450 gpm TFA:0.309 in ² Boquillas: 6x8
		<u>Segunda corrida</u> Q: 900 gpm TFA: 0.695 in ² Boquillas: 3x13+2x14	
DRAGO Pozos tipo "J"	Q: 950 gpm TFA:0.728 in ² Boquillas: 3x13+2x14	<u>Primera corrida</u> Q: 780 gpm TFA:0.547 in ² Boquillas: 7x10	Q: 450 gpm TFA:0.301 in ² Boquillas: 6x8
		<u>Segunda corrida</u> Q: 850 gpm TFA: 0.658 in ² Boquillas: 7x11	

Elaborado por: Jonnathan Fabara

Tabla 4.2.- Resultados por máxima Fuerza de Impacto

	SECCION 16"	SECCION 12.25"	SECCION 8.5"
AUCA Pozos tipo "S"	Q: 950 gpm TFA: 0.734 in ² Boquillas: 3x13+2x14 P=3420 psi	<u>Primera corrida</u> Q: 780 gpm TFA:0.641 in ² Boquillas: 7x10 P=2850 psi	Q: 450 gpm TFA: 0.269 in ² Boquillas: 4x7+2x8 P=2045 psi
		<u>Segunda corrida</u> Q: 850 gpm TFA: 0.693 in ² Boquillas: 5x11+2x12 P=3074 psi	
DRAGO Pozos tipo "S"	Q: 950 gpm TFA:0.756 in ² Boquillas: 5x14 P=2950 psi	<u>Primera corrida</u> Q: 800 gpm TFA:0.607 in ² Boquillas: 4x10+3x11 P=3270 psi	Q: 450 gpm TFA:0.418 in ² Boquillas: 4x9+2x10 P=2730 psi
		<u>Segunda corrida</u> Q: 900 gpm TFA: 0.695 in ² Boquillas: 3x13+2x14 P=3440 psi	
DRAGO Pozos tipo "J"	Q: 950 gpm TFA:0.687 in ² Boquillas: 4x13+1x14 P=3395 psi	<u>Primera corrida</u> Q: 780 gpm TFA:0.599 in ² Boquillas: 5x10+2x11 P=3270 psi	Q: 450 gpm TFA:0.378 in ² Boquillas: 6x9 P=2671 psi
		<u>Segunda corrida</u> Q: 850 gpm TFA: 0.635 in ²	

		Boquillas: 2x10+5x11 P=3515 psi	
--	--	------------------------------------	--

Elaborado por: Jonnathan Fabara

Tabla 4.3.- Resultados por máxima potencia hidráulica

	SECCION 16"	SECCION 12.25"	SECCION 8.5"
AUCA Pozos tipo "S"	Q: 950 gpm TFA: 0.519 in ² Boquillas: 3x11+2x12 P=5033 psi	<u>Primera corrida</u> Q: 780 gpm TFA:0.453 in ² Boquillas: 6x9+1x10 P=4195 psi	Q: 450 gpm TFA: 0.265 in ² Boquillas: 6x8 P=3015 psi
		<u>Segunda corrida</u> Q: 850 gpm TFA: 0.489 in ² Boquillas: 5x9+2x10 P=4530 psi	
DRAGO Pozos tipo "S"	<u>Primera corrida</u> Q: 950 gpm TFA:0.534 in ² Boquillas: 4x11+1x12 P=4340 psi	<u>Primera corrida</u> Q: 800 gpm TFA:0.429 in ² Boquillas: 7x9 P=4815 psi	Q: 450 gpm TFA:0.27 in ² Boquillas: 3x7+3x8 P=2568 psi
	<u>Segunda corrida</u> Q: 900 gpm TFA: 0.485 in ² Boquillas: 4x11+1x12 P=5060 psi	<u>Segunda corrida</u> Q: 800 gpm TFA: 0.414 in ² Boquillas: 3x8+4x9 P=5380 psi	
DRAGO Pozos tipo "J"	Q: 950 gpm TFA:0.516 in ² Boquillas: 2x11+3x12 P=4995 psi	<u>Primera corrida</u> Q: 780 gpm TFA:0.423 in ² Boquillas: 3x8+4x9 P=4815 psi	Q: 450 gpm TFA:0.267 in ² Boquillas: 3x7+3x8 P=3935 psi
		<u>Segunda corrida</u> Q: 850 gpm TFA: 0.449 in ² Boquillas: 7x9 P=5175 psi	

Elaborado por: Jonnathan Fabara

- Las formaciones Terciario indiferenciado y Orteguzza en los campos Auca y Drago, debido a su litología, presentan alta cantidad de arcilla y lutita, las cuales debido a su naturaleza hidrófila, tiende a hincharse lo cual provoca mayor capacidad de embolamiento de la broca, por lo tanto la calidad de lodo en esta sección para limpiar y acarrear todos los recortes a superficie es sumamente importante.
- Las secciones de 16 pulgadas para los pozos tipo J pueden realizarse en una sola corrida debido a que el BHA utilizado es capaz de construir y mantener tangente, por lo que no es necesario un viaje a superficie para cambio del mismo. Por otro lado para los pozos Tipo S se debe cambiar el tipo de BHA puesto que como se pudo observar el BHA utilizado para

construir ángulo no es capaz de tumbar ángulo de la manera en que los trabajos direccionales lo requieren, por lo que el cambio de estabilizadores es necesario para poder hacerlo. Al hacerlo se debe planificar utilizar un TFA mayor para la segunda corrida para evitar sobrepasar la presión de las herramientas de perforación y bombas del taladro.

- En la sección de 12.25" pulgadas, debido a la dureza y abrasividad de las formaciones que lo conforman que son Conglomerado superior e inferior, se realiza la perforación de esta sección en dos corridas.
- La sección de 8.5" de los campos Drago y Auca presentan formaciones abrasivas y litología intercalada, sin embargo, la perforación de las mismas se las puede realizar en una sola sección tanto para los pozos tipo S y J debido a que no generan un desgaste excesivo en los cortadores de la broca por lo que el desempeño y capacidad de corte de la misma es suficiente para perforar las mismas.
- El cálculo de la hidráulica previa a la perforación de un pozo debe considerar los viajes programados, a fin de poder optimizar de forma adecuada el caudal y la configuración de boquillas, es decir, poder obtener el máximo diferencial de presión durante la perforación.
- El campo Auca y Campo Drago presentan una litología muy complicada, especialmente en la sección de 12.25", en la cual se encuentran la Formación Tiyuyacu la cual presenta dos cuerpos litológicos muy importantes que son el conglomerado superior e inferior que debido a sus durezas, son objetivos claves de la perforación controlar parámetros y optimizarlos
- El peso sobre la broca (WOB) es el parámetro que más afecta el desempeño de la broca y el avance de la misma, sin embargo al aplicar peso a la broca se debe tener consideraciones tales como el diferencial de presión generado y el torque generado, los cuales varían al variar el peso.
- El hecho de que haya variación en el diferencial de presión y el torque generado en la broca es un indicativo de que los cortadores de la broca son incrustados en la formación y que los recortes están siendo liberados a superficie al disminuir el diferencial.

- La pérdida de presión en la tubería, espacio anular y equipo de superficie es un valor importante al momento de determinar la cantidad de presión disponible en superficie y saber cuál debería ser el valor óptimo de presión que deberían aportar las bombas de taladro para lograr una correcta optimización.
- La calificación de las brocas de perforación es un procedimiento muy importante en el cual se debe considerar la principal razón de desgaste de los cortadores y cuál es el desgaste que predomina en los mismos, así también, y se debe tener claro la razón por las cuales se decide sacar la broca a superficie.
- El conocimiento de los topes de las formaciones es un aspecto sumamente importante durante la perforación. Mediante el conocimiento de estos, el ingeniero de campo puede prever un control de parámetros con anticipación y así evitar el daño de la broca y por ende el malfuncionamiento de la misma.
- El control de parámetros consiste en disminuir el caudal utilizado, el peso sobre la broca aplicado, las RPM aplicadas a la broca, con el fin de que el paso de una formación a otra no sea brusco, evitando el daño de las herramientas de fondo, especialmente de la broca que es la primera herramienta en tener contacto con la formación.
- La capacidad del taladro es un factor importante en la determinación del caudal y presión límite a ser utilizada, puesto que el exceso de presión puede causar daño en las bombas y en otros equipos de superficie.

4.2 RECOMENDACIONES

- Debido a las condiciones de los taladros y a las bombas utilizadas en el país, considero que los valores de la tabla 4.1 son los que se deben considerar en la optimización de la hidráulica de la broca.
- Para el control de parámetros, es recomendable conocer los topes de las formaciones, y con 50 pies de anticipación disminuir tanto el galonaje como las RPM y el WOB y estar pendiente de los ripios que salen a superficie a fin de poder identificar si ya se pudo entrar a la formación sin mayor problema y una vez corroborado esto, optimizar los parámetros de

perforación aumentando el caudal y las RPM aplicadas a la broca así como también el peso sobre la misma.

- Se debe usar un caudal apropiado a fin de evitar que este genere una fuerza en contra de la broca, es decir, una fuerza contraria a la ejercida por el peso aplicado sobre la broca que pueda impedir el avance de la perforación y la acción de los cortadores sobre la formación.
- Es recomendable colocar las boquillas de mayor diámetro en los puertos más cercanos a la cara de las aletas de mayor tamaño de la broca, a fin de que estas permitan mayor paso de fluido hacia estas y así poder tener una mejor limpieza en la superficie de las aletas más grandes que debido a su tamaño presentan una mayor superficie de contacto con los recortes.
- Se debe realizar cálculos hidráulicos antes, durante y al finalizar una corrida, con el fin de tener una suficiente cantidad de datos para poder saber si la hidráulica utilizada fue la adecuada para la determinada configuración de boquillas.

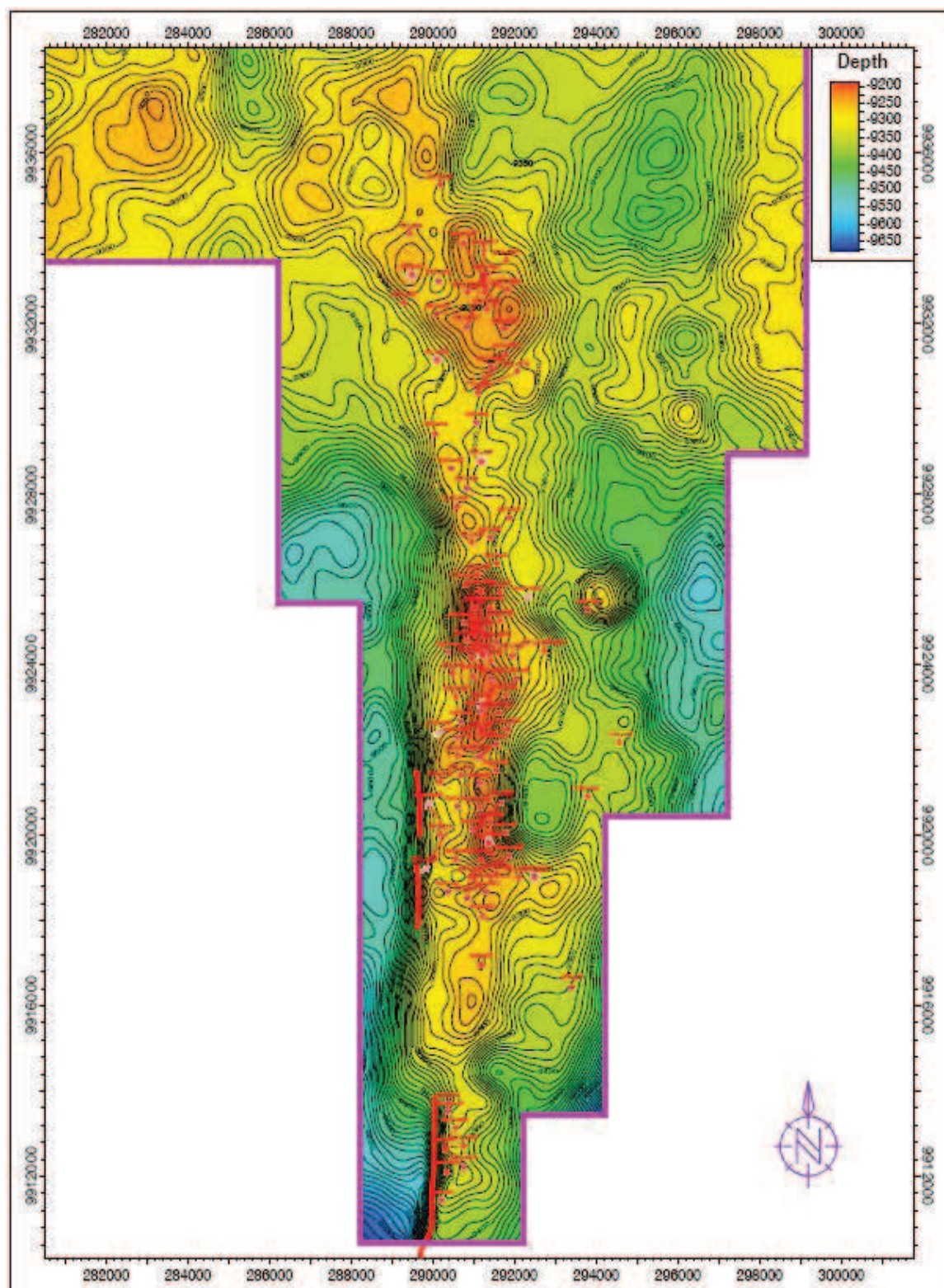
BIBLIOGRAFÍA.

- 1 **ROMAN CATAÑA, ALVARO FRANCISCO**, “Estudio para incrementar la producción de los Campos Auca y Culebra de la empresa EP PETROECUADOR, mediante la aplicación de estimulaciones matriciales con el fluido oneSTEP”, 2011.
- 2 **BETANCOURT SÁNCHEZ, ÁLVARO DAVID / CAICEDO VITERI, PAULINA ALEJANDRA**, “Plan de desarrollo del campo Drago”, 2012.
- 3 **ING. ELIZABETH PEÑAFIEL**, “Fluidos de perforación.ppt”, Escuela Politécnica Nacional, 2011.
- 4 **UNIDAD DE PERFORACIÓN Y MANTENIMIENTO DE POZOS** , “Barrenas e hidráulica de perforación”, 2000.
- 5 **VAN DYKE, KATE**. “Drilling fluids”, first edition unit II lesson2, The University of Texas at Austin, 2000.
- 6 **MATERIAL CLASES DE PERFORACIÓN**, “Fluidos de perforación”, Ing. Jorge Dueñas. 2010.
- 7 **NATIONAL OILWELL VARCO**, “Drill bit Basic-Prerequisite Version 1.2.2” , 2012.
- 8 **NATIONAL OILWELL VARCO**, “Drill bit basic- Whole bit evaluation.ppt”, Rev 5, 2012.
- 9 **IAN MACMILAN**, “New bit Hydraulics ppt”, National Oilwell Varco, 2011.
- 10 **SECURITYDBS**, “Hidráulica Teoría” , 1997.
- 11 **HARDING JEFF**, “Drilling Fluids and Hydraulics”, SecurityDBS, 2005.
- 12 **AUTOR ANONIMO**, “Guía hidráulica”, 2003.
- 13 **SCHLUMBERGER**, “Hidráulica de perforacion” , 2005.

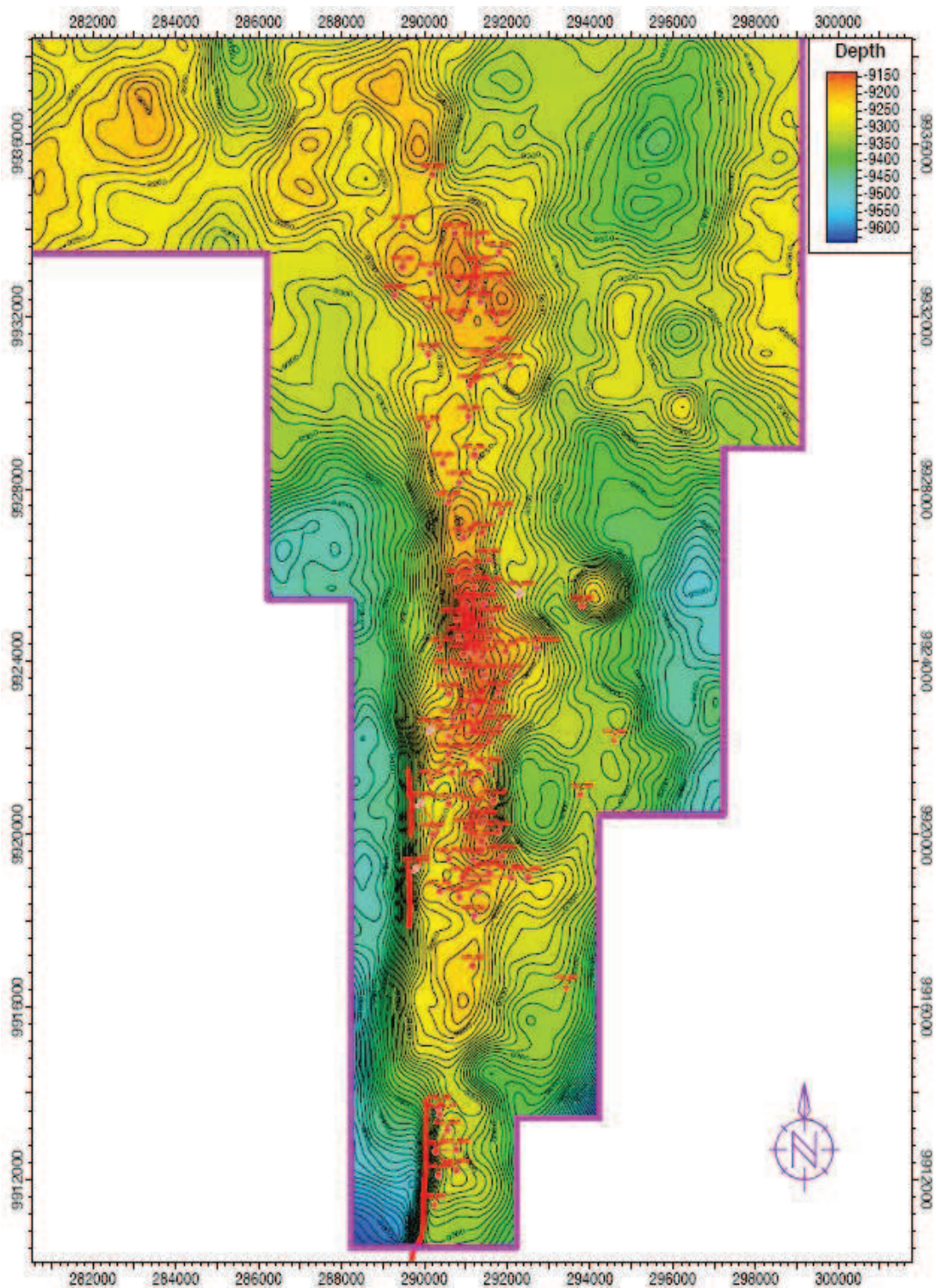
ANEXOS

ANEXO 1

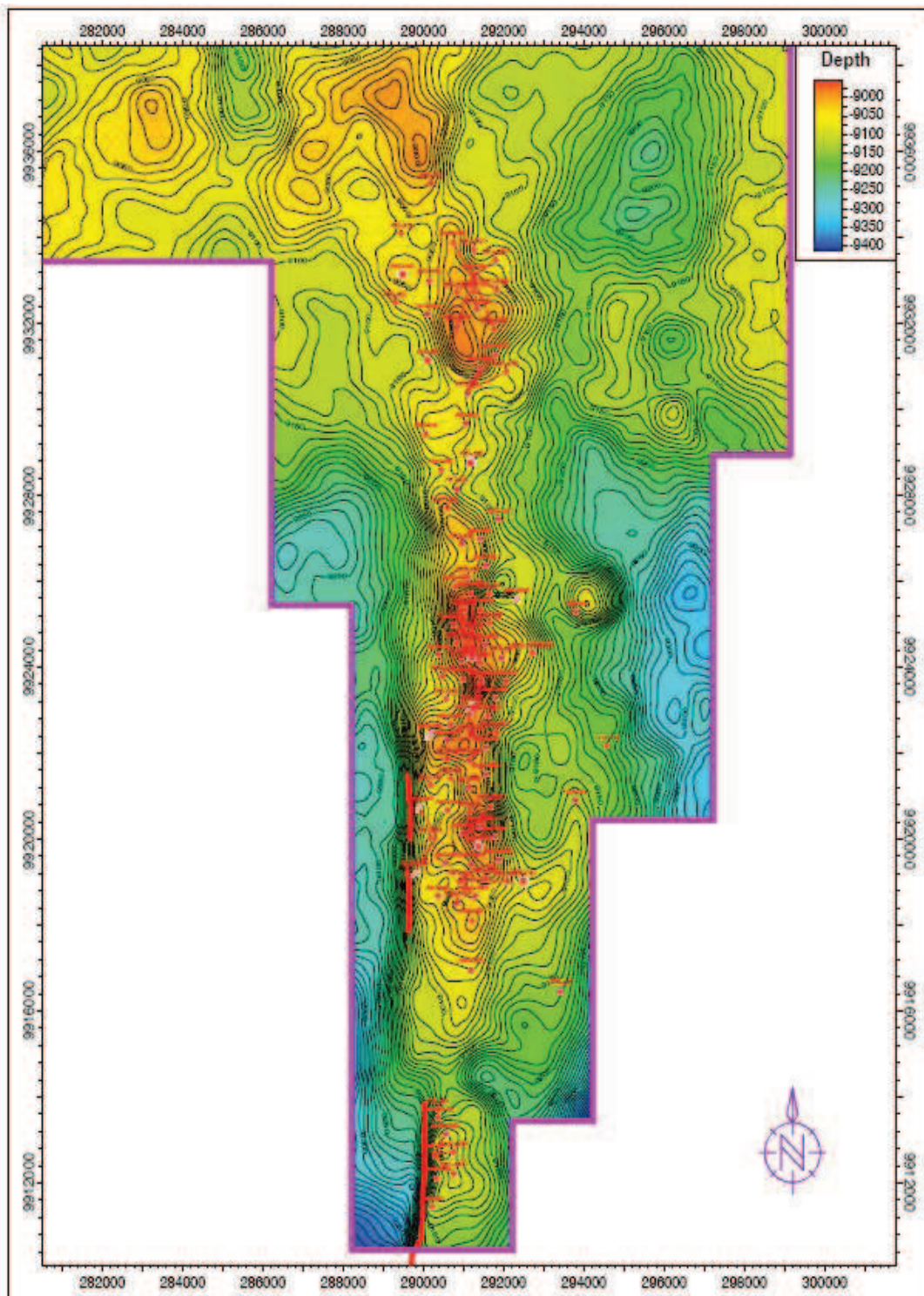
ANEXO 1.1: Mapa Estructural Hollín Inferior-Campo Auca



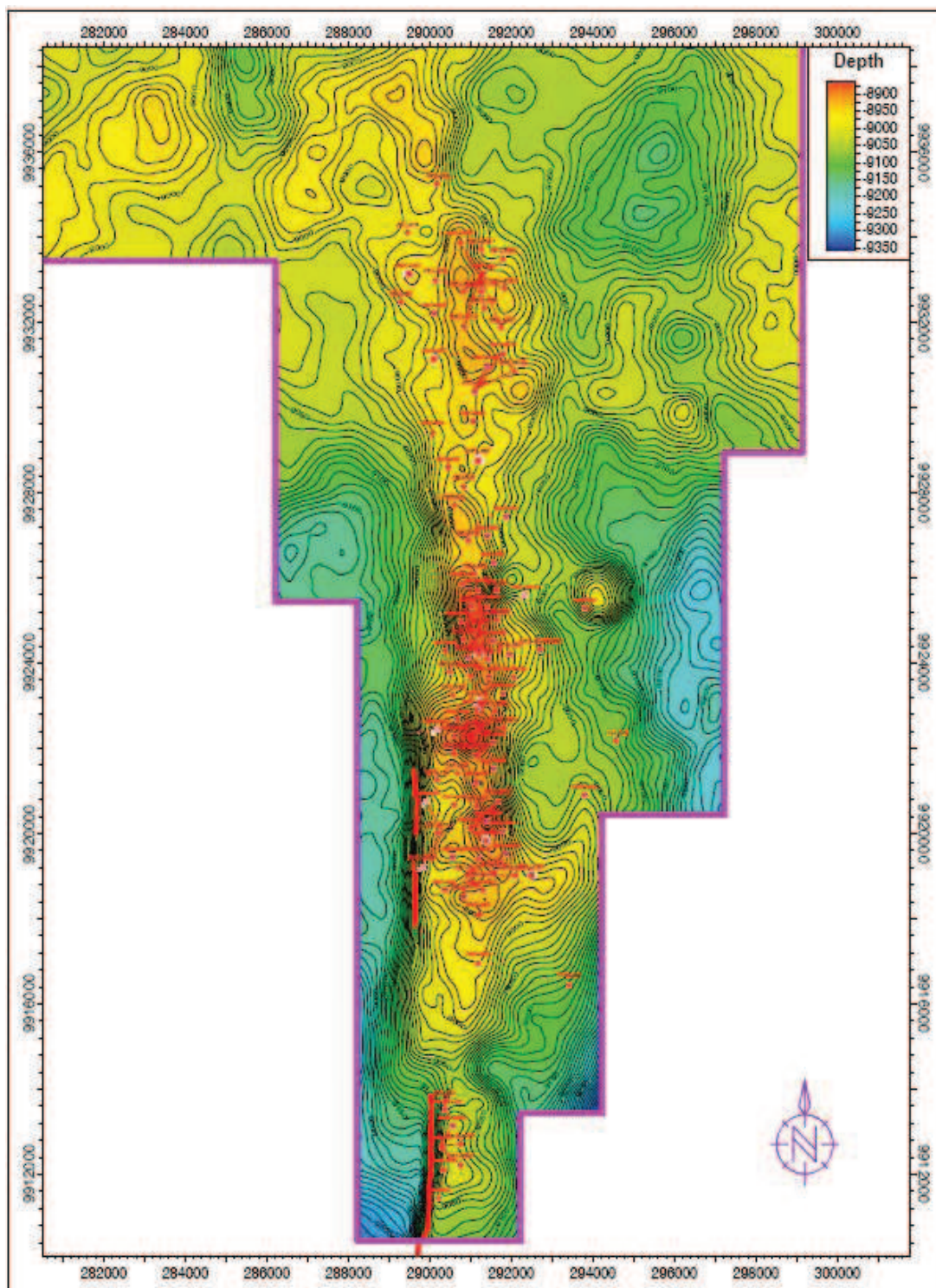
ANEXO 1.2: Mapa Estructural Hollín Superior-Campo Auca



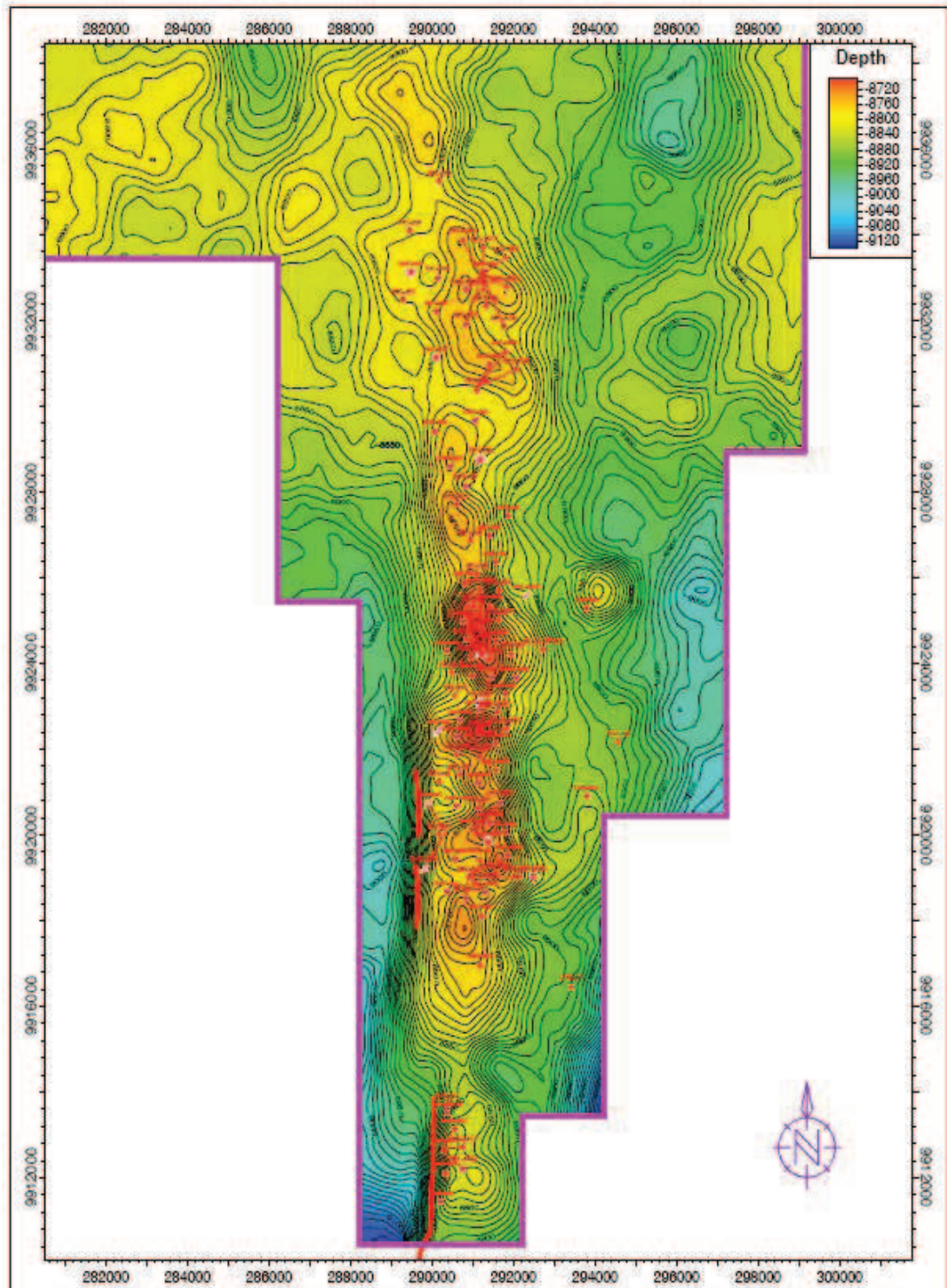
ANEXO 1.3: Mapa Estructural Arena "T" Inferior - Campo Auca

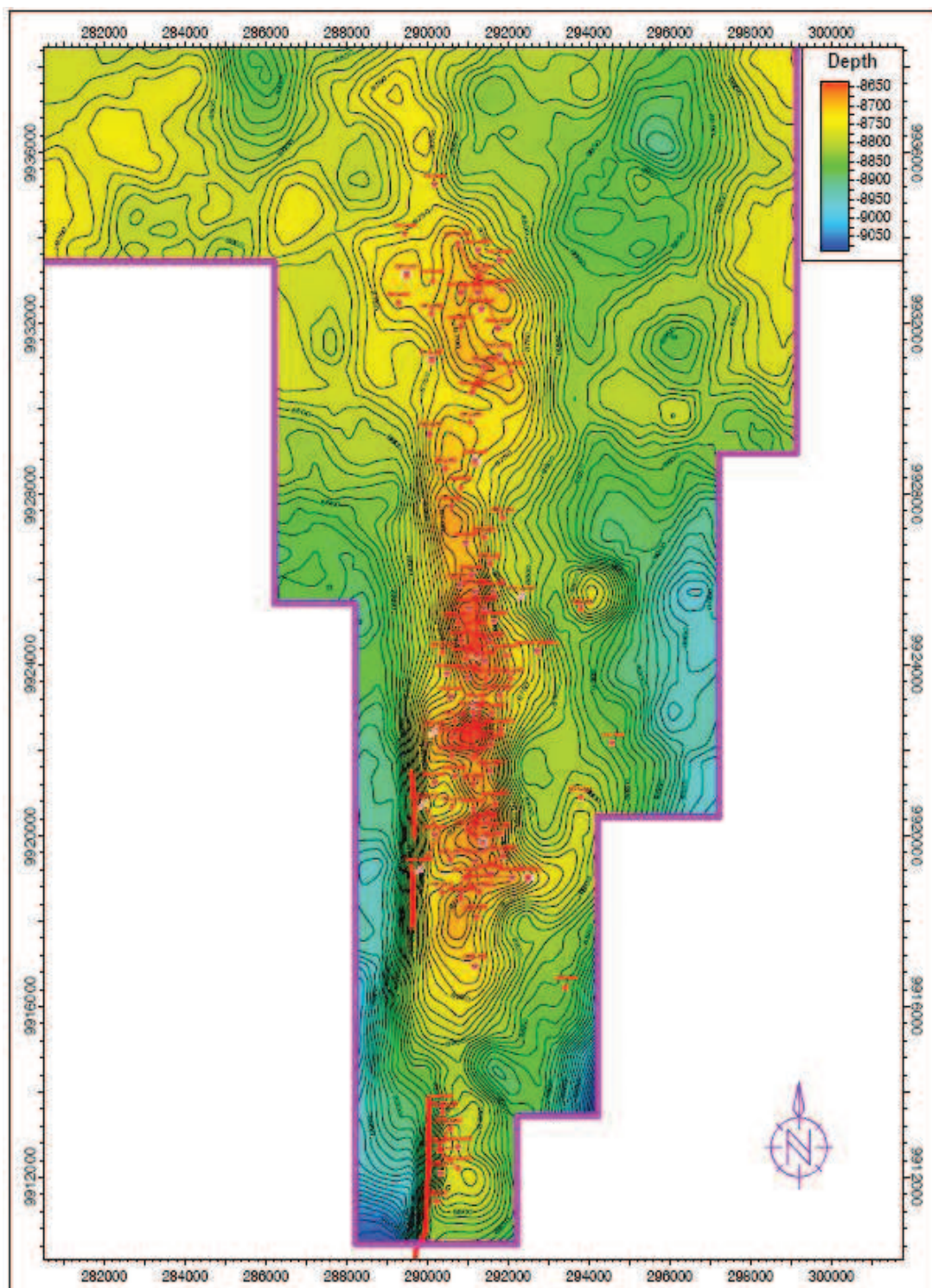


ANEXO 1.4: Mapa Estructural Arena "T" Superior – Campo Auca

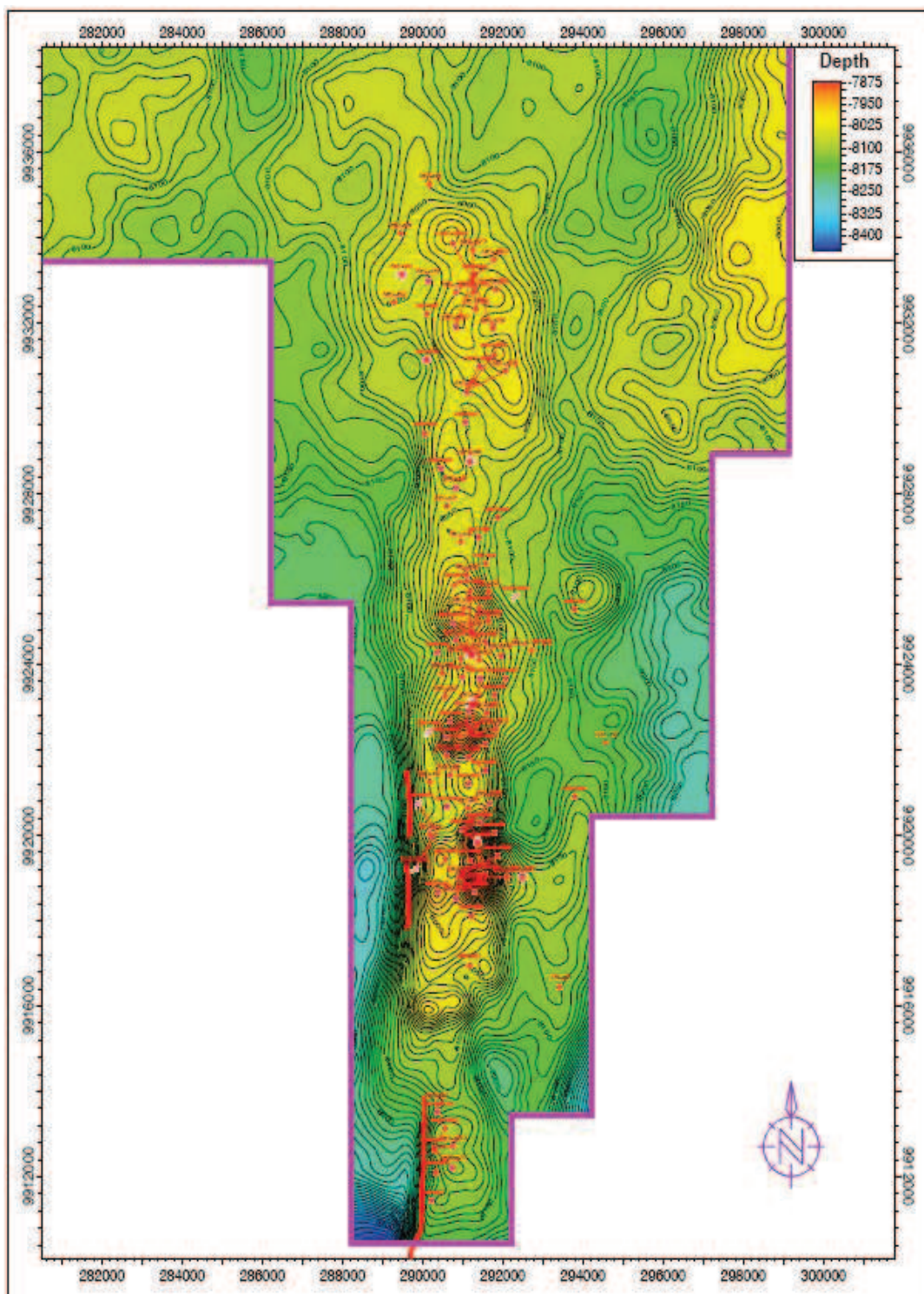


ANEXO 1. 5: Mapa Estructural Arena "U" Inferior – Campo Auca



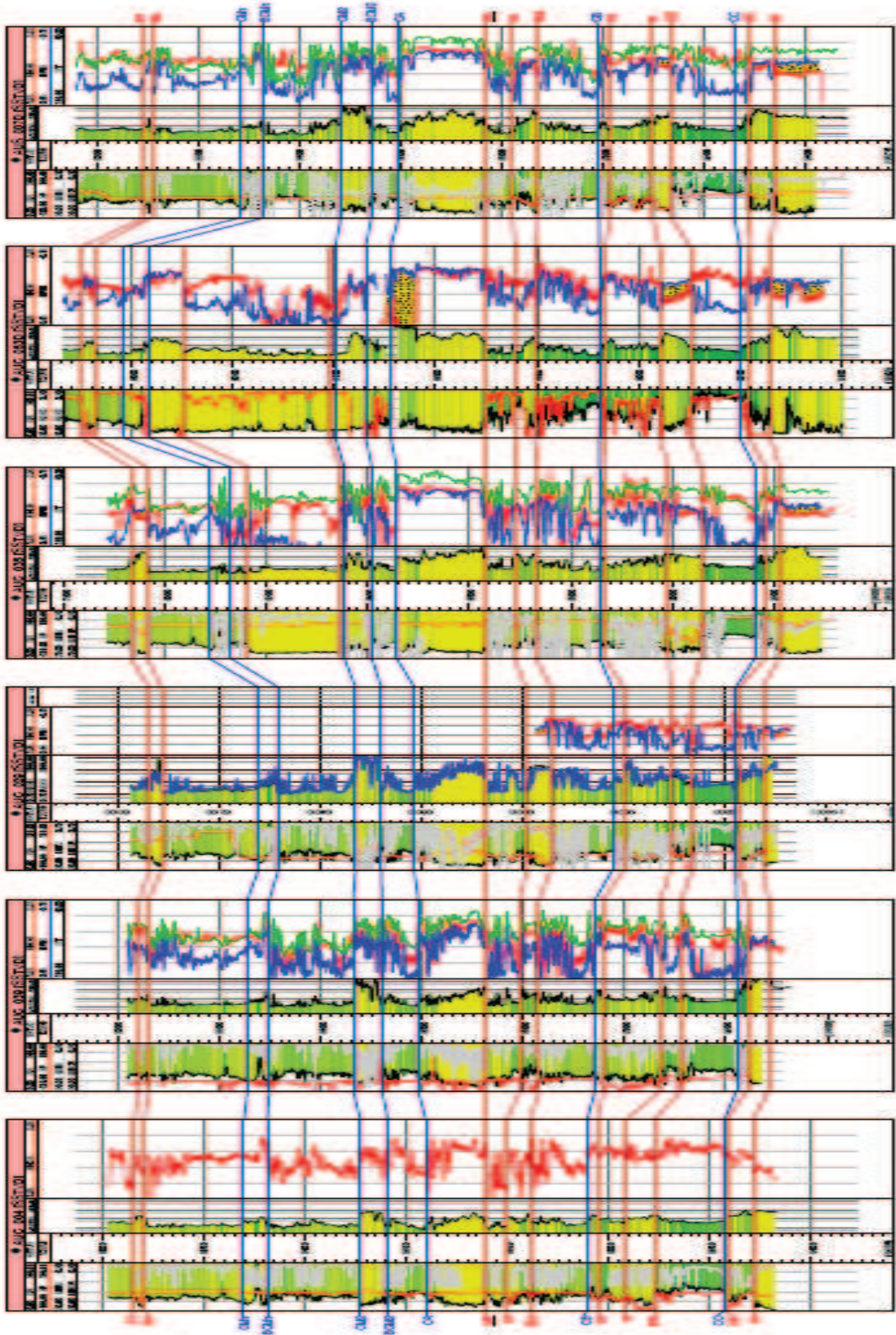
ANEXO 1.6: Mapa Estructural Arena "U" Superior – Campo Auca

ANEXO 1.7: Mapa Estructural Basal Tena – Campo Auca

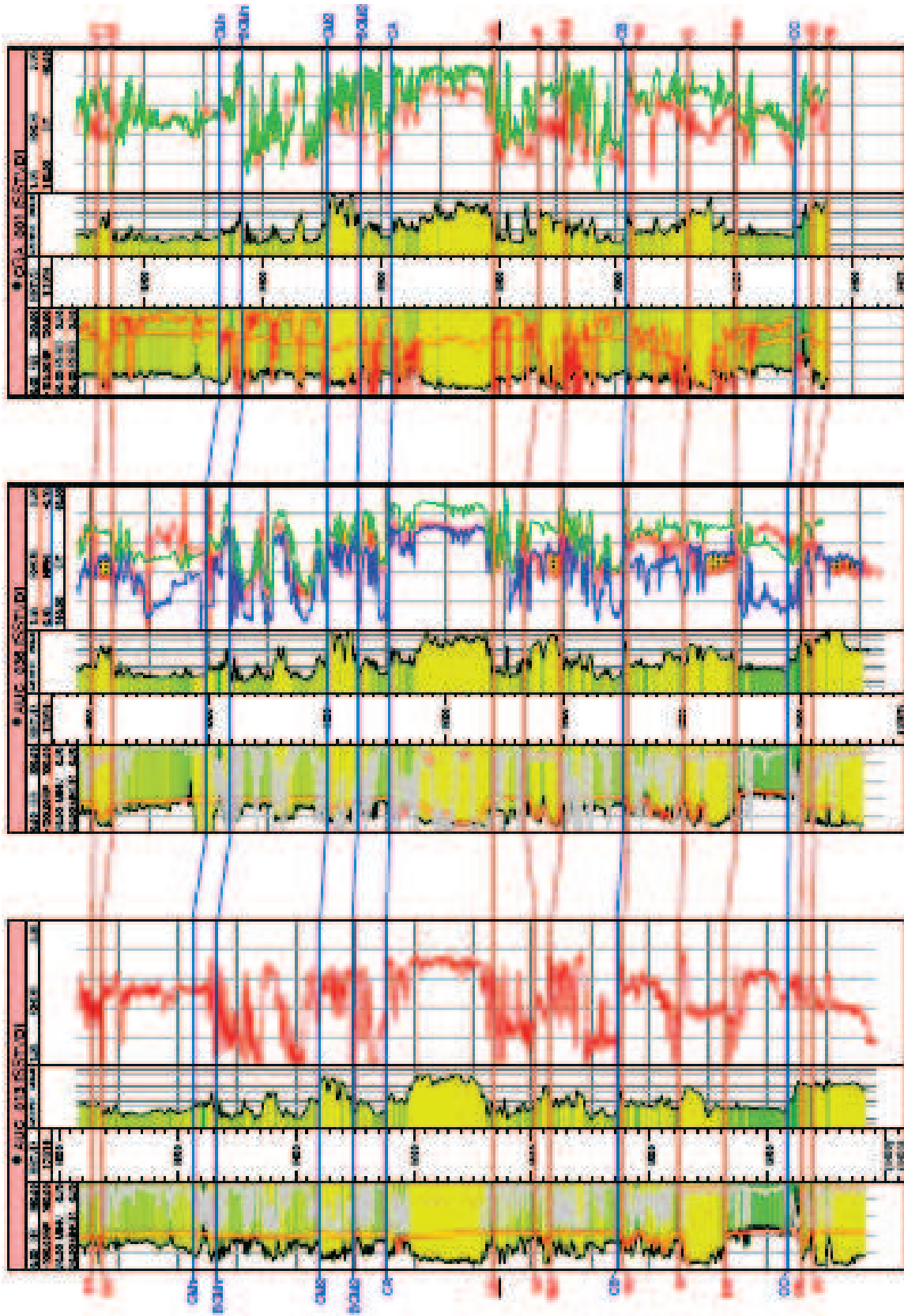


ANEXO 2

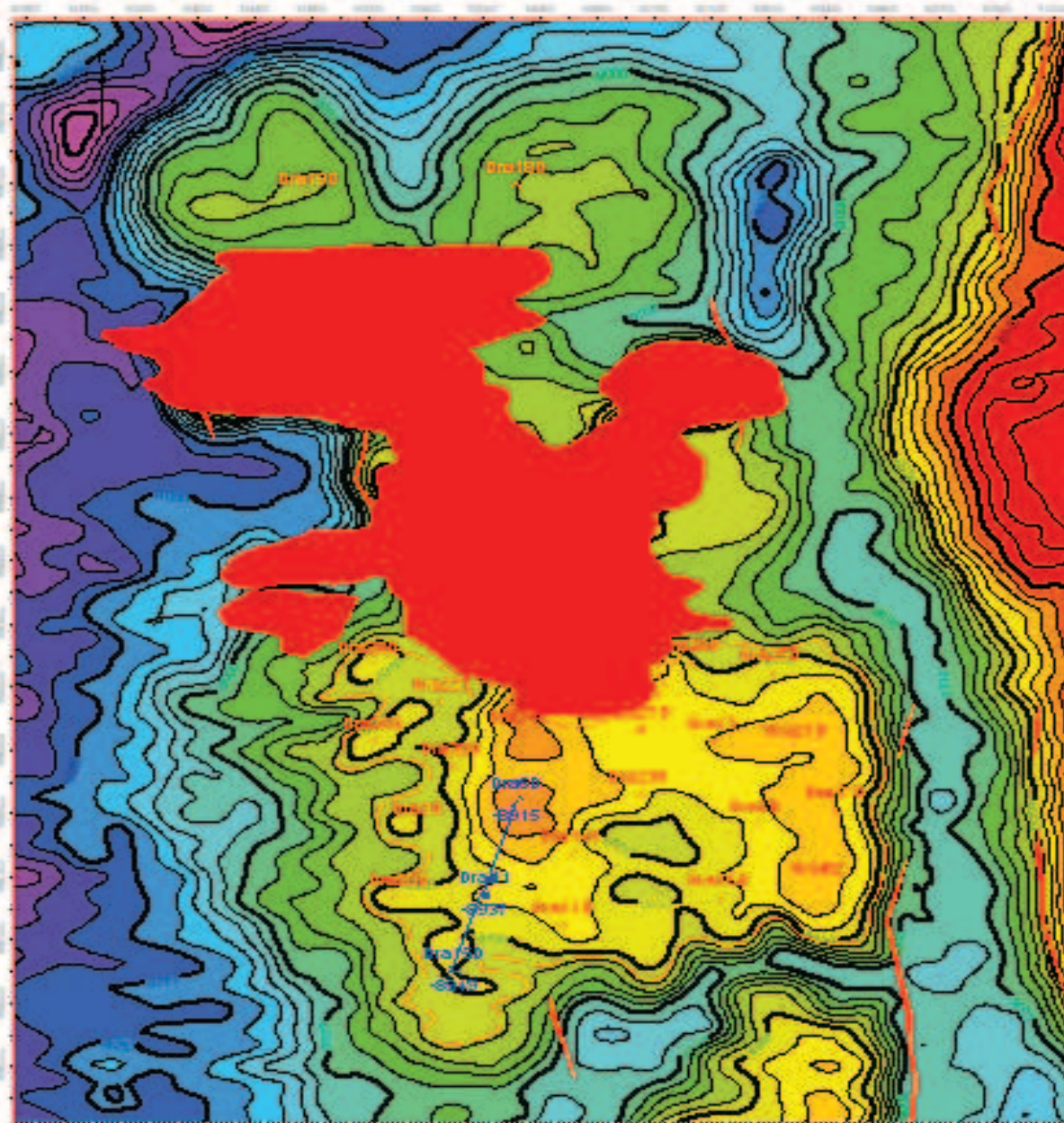
ANEXO 2.1: Corte Estratigráfico N-S (AUC-4, AUC-39, AUC-29, AUC-63D, AUS-7D) – Campo Auca



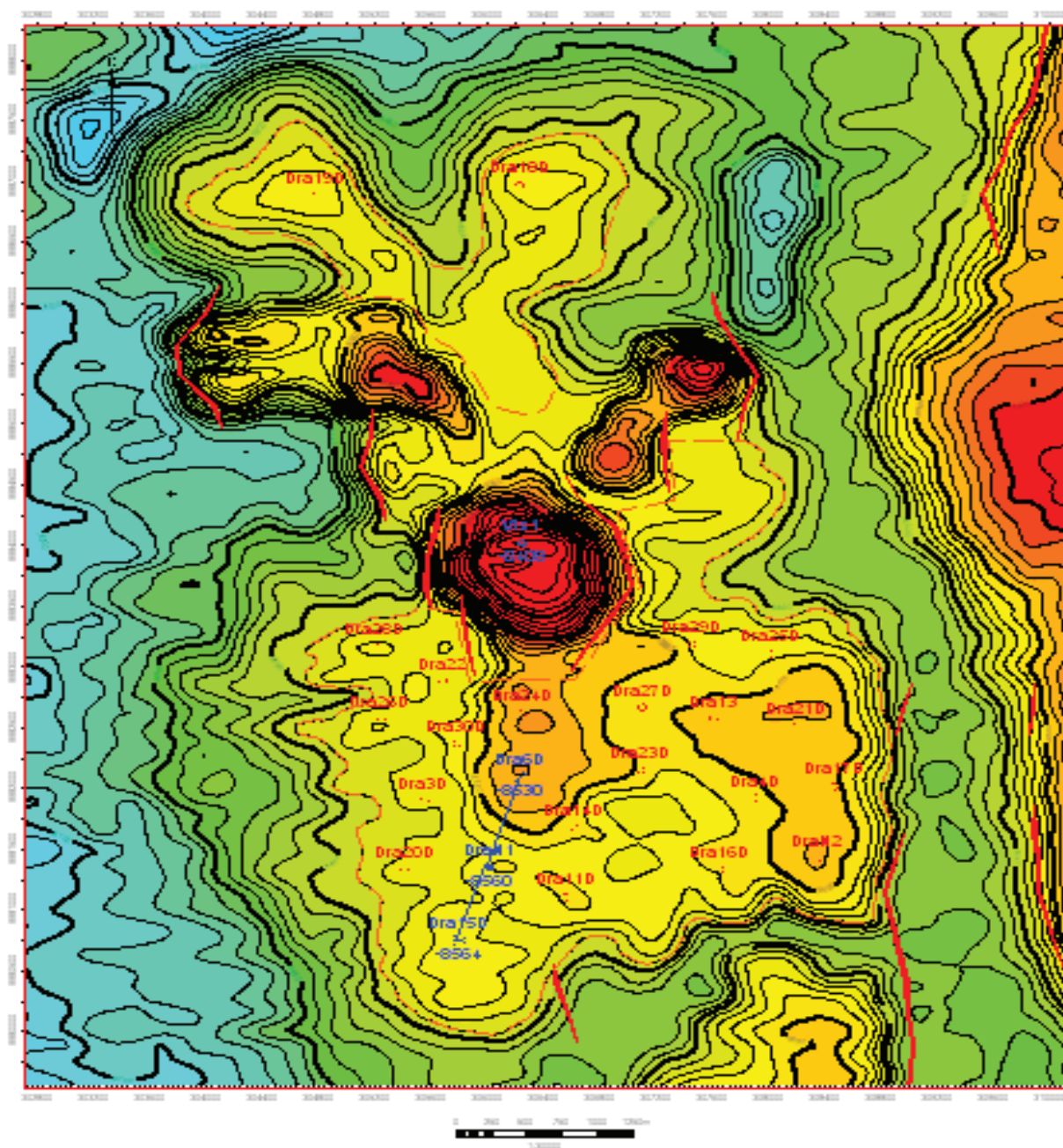
ANEXO 2. 2: Corte Estructural E-W (AUC-13, AUC-36, CGA-1)



ANEXO 3

ANEXO 3.1: Mapa Estructural Hollín Superior – Campo Drago

ANEXO 3.3: Mapa Estructural "U" Inferior – Campo Drago



ANEXO 4

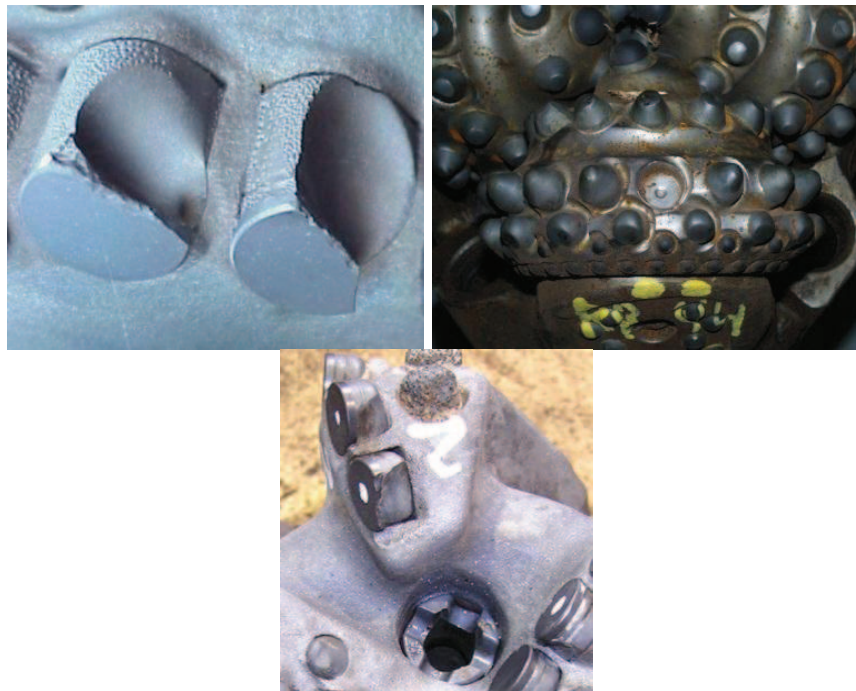
ANEXO 4. 1: Cono roto (BC)

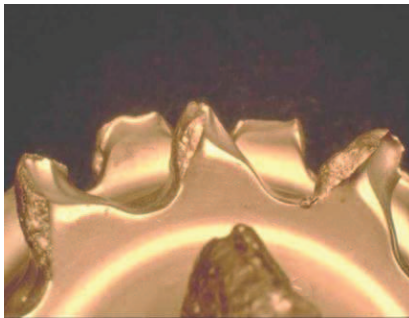


ANEXO 4. 2 Arrastre de Cono (CD)

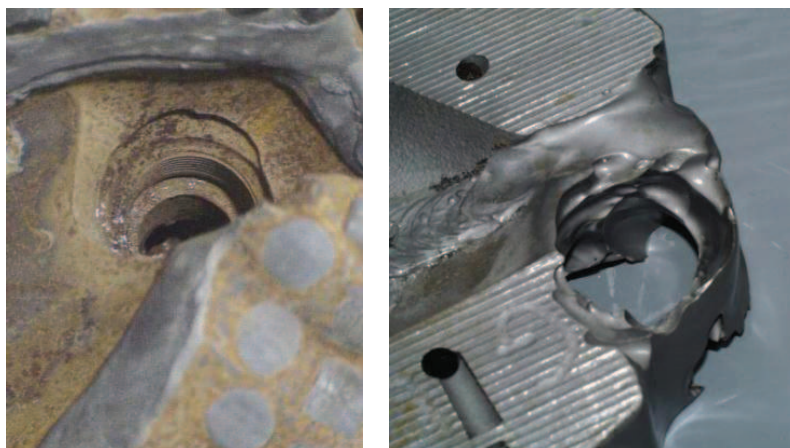


ANEXO 4. 3: Erosión (ER)



ANEXO 4. 4: Cono Perdido (LC)**ANEXO 4. 5: Boquilla Tapada (PN)****ANEXO 4. 6: Auto afilado (SS)****ANEXO 4. 7: Lavado (WO)**

ANEXO 4. 8: Cortadores Rotos (BT)**ANEXO 4. 9: Interferencia de Conos (CI)****ANEXO 4. 10: Crestas planas (FC)**

ANEXO 4. 11: Boquilla Perdida (LN)**ANEXO 4. 12: Broca Comprimida (PB)****ANEXO 4. 13: Rastreo (TR)**

ANEXO 4. 14: Anillamiento (RO)



ANEXO 4. 15: Broca Embolada (BU)



ANEXO 4. 16: Broca Coreada (CR)



ANEXO 4. 17: Sobrecaentamiento (HC)



ANEXO 4. 18: Diente Perdido (LT)**ANEXO 4. 19: Calibre redondeado (RG)**

ANEXO 4. 20: Dientes Desgastados (WT)**ANEXO 4. 21:** Falla del Pegamento (BF)

ANEXO 4. 22: Cono agrietado (CC)



ANEXO 4. 23: Diente Astillado (CT)



ANEXO 4. 24: Daño por chatarra (JD)



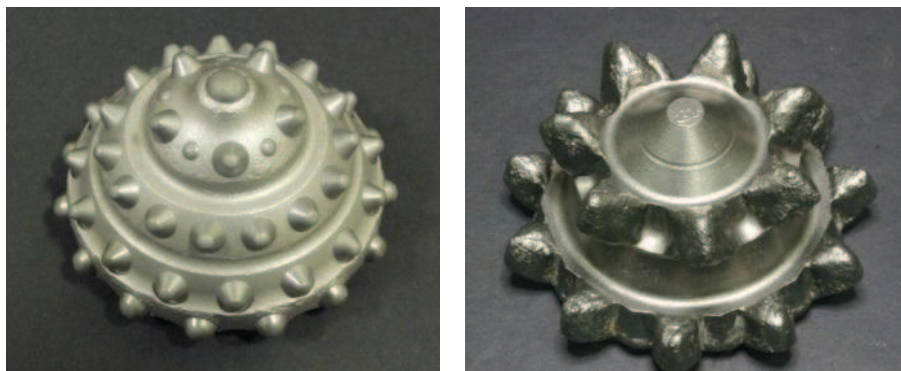
ANEXO 4. 25: Desgaste Excéntrico (OC)



ANEXO 4. 26: Daño de Pata (SD)



ANEXO 4. 27: No hay Daño (NO)



ANEXO 5

ANEXO 5. 1: Parámetros de Perforación Auca Sur 8D

PARAMETROS DE PERFORACION AUCA SUR 8D												
DEPTH(ft)	ROP (ft/hr)	WOB (klbf)	PUMP (psi)	TORQUE (ft.lb)	FLOWIN (USgal/min)	SURF_RPM(R PM)	TFA (IN2)	APb(PSI)	HSI(HP/IN2)	Vn (PIES/SEG)	FI(Lbs)	
322	160.00	8.5	600	2.5	600	40	0.982	336.976	0.587	196.045	564.468	
300	113.14	5	700	1.5	600	40	0.982	336.976	0.587	196.045	564.468	
325	150.00	5	800	1.5	650	0	0.982	395.479	0.746	212.382	662.466	
340	128.57	5	800	0	650	0	0.982	395.479	0.746	212.382	662.466	
417	243.16	7.5	800	4	650	50	0.982	395.479	0.746	212.382	662.466	
452	161.54	6.5	1000	0	700	0	0.982	458.662	0.932	228.719	768.304	
508	305.45	11	1100	4.5	700	50	0.982	458.662	0.932	228.719	768.304	
533	150.00	9	1200	0	700	0	0.982	458.662	0.932	228.719	768.304	
599	247.50	6.5	1100	4.5	700	50	0.982	458.662	0.932	228.719	768.304	
614	112.50	6.5	1250	0	750	0	0.982	526.525	1.146	245.056	881.981	
691	271.76	9	1100	1.5	750	50	0.982	526.525	1.146	245.056	881.981	
782	210.00	9	1200	1.5	750	50	0.982	526.525	1.146	245.056	881.981	
797	180.00	10	1200	0	800	0	0.982	599.068	1.391	261.393	1003.498	
873	240.00	10	1200	1.5	800	50	0.982	599.068	1.391	261.393	1003.498	
906	330.00	10	1250	1.5	800	50	0.982	599.068	1.391	261.393	1003.498	
916	120.00	4	1850	0	900	0	0.982	758.196	1.981	294.067	1270.053	
1000	296.47	12.5	2000	3	900	60	0.982	758.196	1.981	294.067	1270.053	
1015	112.50	6.5	2000	0	900	0	0.982	758.196	1.981	294.067	1270.053	
1094	249.47	12.5	1900	3	900	60	0.982	758.196	1.981	294.067	1270.053	
1119	88.24	6	1800	0	900	0	0.982	758.196	1.981	294.067	1270.053	
1188	207.00	13	1800	4.5	900	60	0.982	758.196	1.981	294.067	1270.053	
1218	60.00	6	1950	0	950	0	0.982	844.780	2.330	310.404	1415.090	
1280	265.71	16	2050	5	950	60	0.982	844.780	2.330	310.404	1415.090	
1310	56.25	7.5	2000	0	950	0	0.982	844.780	2.330	310.404	1415.090	
1374	202.11	16	2200	5	950	60	0.982	844.780	2.330	310.404	1415.090	
1404	72.00	6.5	1850	0	940	0	0.982	827.088	2.257	307.137	1385.455	
1468	192.00	16.5	2000	5	930	60	0.982	809.584	2.186	303.869	1356.134	
1498	78.26	6.5	1950	0	930	0	0.982	809.584	2.186	303.869	1356.134	
1563	278.57	13.5	2100	6	930	60	0.982	809.584	2.186	303.869	1356.134	
1593	69.23	7.5	2000	0	930	0	0.982	809.584	2.186	303.869	1356.134	
1657	182.86	13.5	2200	6	930	60	0.982	809.584	2.186	303.869	1356.134	
1682	50.00	7.5	1900	0	930	0	0.982	809.584	2.186	303.869	1356.134	
1752	200.00	16.5	2100	6	930	60	0.982	809.584	2.186	303.869	1356.134	
1777	55.56	9	1900	0	930	0	0.982	809.584	2.186	303.869	1356.134	
1846	197.14	16.5	2100	6	930	60	0.982	809.584	2.186	303.869	1356.134	
1876	72.00	9	1900	0	930	0	0.982	809.584	2.186	303.869	1356.134	
1940	202.11	16.5	2100	6	930	60	0.982	809.584	2.186	303.869	1356.134	
1970	36.00	8	1950	0	960	0	0.982	862.658	2.404	313.672	1445.038	
2033	315.00	20	2300	7.5	960	70	0.982	862.658	2.404	313.672	1445.038	
2073	40.00	8	2050	0	960	0	0.982	862.658	2.404	313.672	1445.038	
2128	220.00	22	2200	9	950	70	0.982	844.780	2.330	310.404	1415.090	
2222	216.92	22	2400	9	950	70	0.982	844.780	2.330	310.404	1415.090	
2316	201.43	22	2400	9	950	70	0.982	844.780	2.330	310.404	1415.090	
2356	42.86	8.5	2100	0	950	0	0.982	844.780	2.330	310.404	1415.090	
2410	231.43	18.5	2350	9	950	60	0.982	844.780	2.330	310.404	1415.090	
2504	216.92	20	2350	9	950	60	0.982	844.780	2.330	310.404	1415.090	
2549	37.50	12	2200	0	950	0	0.982	844.780	2.330	310.404	1415.090	
2599	166.67	20	2350	9	950	60	0.982	844.780	2.330	310.404	1415.090	
2693	208.89	20	2350	9	950	60	0.982	844.780	2.330	310.404	1415.090	
2786	139.50	20	2350	9	950	60	0.982	844.780	2.330	310.404	1415.090	
2881	178.13	21	2450	9	950	60	0.982	844.780	2.330	310.404	1415.090	
2975	161.14	21	2500	9	950	60	0.982	844.780	2.330	310.404	1415.090	
3069	108.46	22.5	2500	7.5	950	60	0.982	844.780	2.330	310.404	1415.090	
3163	188.00	22.5	2500	7.5	950	60	0.982	844.780	2.330	310.404	1415.090	
3183	50.00	7.5	2900	0	950	0	1.086	757.572	2.089	280.679	1403.404	
3256	219.00	25	3100	10.5	950	60	1.086	757.572	2.089	280.679	1403.404	
3350	225.60	20	3100	10.5	950	60	1.086	757.572	2.089	280.679	1403.404	
3444	208.89	17.5	3100	12	950	60	1.086	757.572	2.089	280.679	1403.404	
3538	170.91	20	3100	12	950	60	1.086	757.572	2.089	280.679	1403.404	
3632	165.88	20	3100	12	950	60	1.086	757.572	2.089	280.679	1403.404	
3667	51.22	11	3000	0	950	0	1.086	757.572	2.089	280.679	1403.404	
3726	221.25	17.5	3100	8	950	60	1.086	757.572	2.089	280.679	1403.404	
3820	194.48	22.5	3100	8	950	60	1.086	757.572	2.089	280.679	1403.404	
3914	194.48	22.5	3100	8	950	60	1.086	757.572	2.089	280.679	1403.404	
4007	186.00	22.5	3300	8	950	60	1.086	757.572	2.089	280.679	1403.404	
4102	162.86	22.5	3300	10.5	940	60	1.086	741.707	2.024	277.724	1374.015	
4196	156.67	22.5	3200	10.5	940	60	1.086	741.707	2.024	277.724	1374.015	
4290	216.92	22.5	3250	10.5	940	60	1.086	741.707	2.024	277.724	1374.015	
4384	201.43	22.5	3300	10.5	920	60	1.086	710.481	1.898	271.815	1316.168	
4478	194.48	22.5	3300	10.5	910	60	1.086	695.120	1.836	268.861	1287.711	
4571	53.65	22.5	3300	10.5	910	60	1.086	695.120	1.836	268.861	1287.711	
4667	144.00	22.5	3400	11	900	60	1.086	679.926	1.777	265.906	1259.565	
4760	150.81	22.5	3400	12	900	60	1.086	679.926	1.777	265.906	1259.565	
4823	171.82	22.5	3400	12	900	60	1.086	679.926	1.777	265.906	1259.565	
4854	169.09	22.5	3400	12	900	60	1.086	679.926	1.777	265.906	1259.565	
4869	60.00	22.5	3200	12	900	60	1.086	679.926	1.777	265.906	1259.565	

4948	182.31	25	3400	14	900	60	1.086	679.926	1.777	265.906	1259.565
5042	156.67	25	3400	14	890	60	1.086	664.901	1.718	262.952	1231.730
5107	162.50	25	3400	14	890	60	1.086	664.901	1.718	262.952	1231.730
5136	193.33	27.5	3400	14	890	60	1.086	664.901	1.718	262.952	1231.730
5146	150.00	27.5	3400	14	890	60	1.086	664.901	1.718	262.952	1231.730
5158	31.30	13.5	3200	0	890	0	1.086	664.901	1.718	262.952	1231.730
5230	96.00	27.5	3400	14	890	60	1.086	664.901	1.718	262.952	1231.730
5240	120.00	27.5	3400	14	890	60	1.086	664.901	1.718	262.952	1231.730
5250	37.50	15	3200	0	870	0	1.086	635.353	1.605	257.043	1176.994
5252	60.00	15	3200	0	870	0	1.086	635.353	1.605	257.043	1176.994
5324	196.36	27.5	3400	13	870	60	1.086	635.353	1.605	257.043	1176.994
5334	150.00	27.5	3400	13	870	60	1.086	635.353	1.605	257.043	1176.994
5340	40.00	15	3200	0	870	0	1.086	635.353	1.605	257.043	1176.994
5349	31.76	15	3200	0	870	0	1.086	635.353	1.605	257.043	1176.994
5418	121.76	27.5	3400	14	860	60	1.086	620.831	1.550	254.088	1150.092
5428	120.00	27.5	3400	13.5	860	60	1.086	620.831	1.550	254.088	1150.092
5436	25.26	10	3100	0	860	0	1.086	620.831	1.550	254.088	1150.092
5438	24.00	10	3100	0	860	0	1.086	620.831	1.550	254.088	1150.092
5512	193.04	27.5	3400	13.5	860	60	1.086	620.831	1.550	254.088	1150.092
5527	40.91	19	3150	0	860	0	1.086	620.831	1.550	254.088	1150.092
5606	96.73	27.5	3400	13.5	860	60	1.086	620.831	1.550	254.088	1150.092
5616	200.00	27.5	3400	13.5	860	60	1.086	620.831	1.550	254.088	1150.092
5631	39.13	15	3200	0	860	0	1.086	620.831	1.550	254.088	1150.092
5701	131.25	27.5	3400	13.5	860	60	1.086	620.831	1.550	254.088	1150.092
5721	35.29	17.5	3400	0	860	0	1.086	620.831	1.550	254.088	1150.092
5795	153.10	27.5	3400	13.5	860	60	1.086	620.831	1.550	254.088	1150.092
5805	85.71	17.5	3400	13.5	850	60	1.086	606.477	1.497	251.134	1123.501
5822	34.00	22.5	3400	0	850	0	1.086	606.477	1.497	251.134	1123.501
5889	143.57	17.5	3400	16.5	850	60	1.086	606.477	1.497	251.134	1123.501
5904	18.00	22.5	3400	0	850	0	1.086	606.477	1.497	251.134	1123.501
5983	60.00	17.5	3400	16.5	850	60	1.086	606.477	1.497	251.134	1123.501
6000	19.25	22.5	3400	0	850	0	1.086	606.477	1.497	251.134	1123.501
6077	87.17	22.5	3400	16.5	850	60	1.086	606.477	1.497	251.134	1123.501
6087	60.00	25	3400	16.5	850	60	1.086	606.477	1.497	251.134	1123.501
6102	25.71	17.5	3100	0	850	0	1.086	606.477	1.497	251.134	1123.501
6171	138.00	22.5	3300	16.5	850	60	1.086	606.477	1.497	251.134	1123.501
6181	200.00	22.5	3300	16.5	850	60	1.086	606.477	1.497	251.134	1123.501
6196	28.13	15	3100	0	850	0	1.086	606.477	1.497	251.134	1123.501
6265	118.29	25	3400	12	850	60	1.086	606.477	1.497	251.134	1123.501
6275	200.00	25	3400	15	850	60	1.086	606.477	1.497	251.134	1123.501
6295	21.05	20	3200	0	850	0	1.086	606.477	1.497	251.134	1123.501
6337	86.90	27.5	3350	16.5	850	60	1.086	606.477	1.497	251.134	1123.501
6359	120.00	32.5	3350	16.5	840	60	1.086	592.291	1.444	248.179	1097.221
6368	108.00	32.5	3350	16.5	840	60	1.086	592.291	1.444	248.179	1097.221
6383	22.50	30	3150	0	840	0	1.086	592.291	1.444	248.179	1097.221
6385	17.14	30	3100	0	800	0	1.086	537.226	1.248	236.361	995.212
6394	4.43	25	3100	0	800	0	1.086	537.226	1.248	236.361	995.212
6400	24.00	25	3300	0	830	0	1.086	578.273	1.393	245.224	1071.252
6405	33.33	27.5	3300	16.5	830	60	1.086	578.273	1.393	245.224	1071.252
6453	54.34	30	3300	16.5	830	60	1.086	578.273	1.393	245.224	1071.252
6463	60.00	30	3300	18	830	60	1.086	578.273	1.393	245.224	1071.252
6478	8.41	22.5	3100	0	820	0	1.086	564.423	1.344	242.270	1045.595
6483	8.33	22.5	3100	0	820	0	1.086	564.423	1.344	242.270	1045.595
6485	10.00	22.5	3100	0	820	0	1.086	564.423	1.344	242.270	1045.595
6488	9.00	22.5	3100	0	820	0	1.086	564.423	1.344	242.270	1045.595
6547	101.14	30	3300	16.5	830	60	1.086	578.273	1.393	245.224	1071.252
6642	96.61	30	3300	16.5	820	60	1.086	564.423	1.344	242.270	1045.595
6660	98.18	22.5	3400	16.5	820	60	1.086	564.423	1.344	242.270	1045.595
6670	14.63	20	1150	12	400	40	1.09	126.787	0.251	117.747	235.738
6700	112.50	15	1950	13.5	730	40	1.09	422.280	1.527	214.888	785.157
6730	8.37	5	2300	0	800	0	1.09	507.148	2.009	235.494	942.954
6817	141.08	10	2600	15.5	800	40	1.09	507.148	2.009	235.494	942.954
6824	3.89	15	2400	0	800	0	1.09	507.148	2.009	235.494	942.954
6855	68.89	17.5	2600	13.5	800	50	1.09	507.148	2.009	235.494	942.954
6881	12.28	7.5	2400	0	800	0	1.09	507.148	2.009	235.494	942.954
6917	113.68	17.5	3300	13.5	900	60	1.09	641.860	2.861	264.930	1193.426
7011	152.43	22.5	3300	13.5	900	60	1.09	641.860	2.861	264.930	1193.426
7106	158.33	17.5	3400	13.5	900	60	1.09	641.860	2.861	264.930	1193.426
7201	121.28	17.5	3300	13.5	900	60	1.09	641.860	2.861	264.930	1193.426
7295	98.95	17.5	3300	14.5	900	55	1.09	641.860	2.861	264.930	1193.426
7389	161.14	17.5	3300	14.5	900	55	1.09	641.860	2.861	264.930	1193.426
7484	114.00	17.5	3300	14.5	900	55	1.09	641.860	2.861	264.930	1193.426
7576	76.67	17.5	3300	14.5	880	55	1.09	613.649	2.675	259.043	1140.974
7670	71.39	19	3400	16.5	860	55	1.09	586.073	2.496	253.156	1089.701
7764	72.31	17.5	3400	16.5	860	55	1.09	586.073	2.496	253.156	1089.701
7774	66.67	17.5	3300	16.5	860	55	1.09	586.073	2.496	253.156	1089.701
7858	56.63	17.5	3600	16.5	860	55	1.09	586.073	2.496	253.156	1089.701
7953	47.50	22.5	3300	16.5	860	55	1.09	586.073	2.496	253.156	1089.701
7969	38.40	17.5	3300	16.5	840	55	1.09	559.131	2.326	247.268	1039.607
8047	49.26	30	3300	16.5	810	55	1.09	519.906	2.086	238.437	966.675
8142	64.04	30	3300	16.5	800	65	1.09	507.148	2.009	235.494	942.954
8237	71.25	30	3300	18.5	800	65	1.09	507.148	2.009	235.494	942.954
8331	54.23	27.5	3300	17.5	790	65	1.09	494.549	1.935	232.550	919.527
8390	75.32	17.5	3300	17.5	790	65	1.09	494.549	1.935	232.550	919.527
8425	45.65	27.5	3300	17.5	790	65	1.09	494.549	1.935	232.550	919.527
8515	58.06	27.5	3300	17.5	790	65	1.09	494.549	1.935	232.550	919.527
8601	75.88	27.5	3300	17.5	790	70	1.09	494.549	1.935	232.550	919.527
8609	20.87	25	2500	18	650	40	1.09	334.797	1.078	191.339	622.497
8661	61.18	32.5	3400	18.5	790	60	1.09	494.549	1.935	232.550	919.527
8703	34.05	24	2600	16.5	650	40	1.09	334.797	1.078	191.339	622.497

8797	29.84	15.5	2700	18	650	40	1.09	334.797	1.078	191.339	622.497
8891	28.48	15.5	2900	18.5	650	40	1.09	334.797	1.078	191.339	622.497
8950	31.61	19	2900	28.5	650	40	1.09	334.797	1.078	191.339	622.497
8985	29.17	35	3250	17	700	60	1.09	388.285	1.346	206.057	721.949
9079	41.17	40	3400	18.5	750	60	1.09	445.736	1.656	220.775	828.768
9087	26.67	35	3500	19	750	60	1.09	445.736	1.656	220.775	828.768
9173	45.66	40	3300	19	760	60	1.09	457.701	1.723	223.719	851.016
9267	42.41	35	3400	18	780	60	1.09	482.108	1.862	229.606	896.396
9362	41.30	37.5	3500	18	750	60	1.09	445.736	1.656	220.775	828.768
9455	36.95	30	3300	18	730	60	1.09	422.280	1.527	214.888	785.157
9547	42.14	45	3450	18.5	730	60	1.09	422.280	1.527	214.888	785.157
9641	37.11	37.5	3400	18.5	730	60	1.09	422.280	1.527	214.888	785.157
9736	29.53	35	3400	18.5	710	60	1.53	209.011	0.735	148.896	545.495
9788	56.73	16.5	3300	21.5	750	50	1.53	233.225	0.866	157.284	608.690
9882	48.62	15	3200	20	750	70	1.53	233.225	0.866	157.284	608.690
9977	74.03	12.5	3300	23	740	60	1.53	227.048	0.832	155.187	592.567
10069	34.50	12.5	3400	16.5	740	60	1.53	227.048	0.832	155.187	592.567
10163	40.00	12.5	3400	20.5	730	60	1.53	220.953	0.799	153.090	576.660
10247	48.00	12.5	3500	21.5	700	60	1.53	203.165	0.704	146.799	530.237
10258	38.82	10	2000	19	400	40	0.778	230.908	0.950	164.967	306.442
10290	106.67	15	1950	20	450	50	0.778	292.243	1.353	185.587	387.841
10384	53.21	10	1900	21	450	70	0.778	292.243	1.353	185.587	387.841
10478	50.36	14	1900	20	450	70	0.778	292.243	1.353	185.587	387.841
10572	34.18	17.5	1900	18.5	450	50	0.778	292.243	1.353	185.587	387.841
10666	42.41	15	1900	18.5	450	50	0.778	292.243	1.353	185.587	387.841
10760	44.76	15	2000	10.5	450	50	0.778	292.243	1.353	185.587	387.841
10856	58.18	17.5	2100	17	450	50	0.778	292.243	1.353	185.587	387.841
10951	81.43	17.5	2100	12	450	60	0.778	292.243	1.353	185.587	387.841
11040	89.00	17.5	2100	14	450	60	0.778	292.243	1.353	185.587	387.841

ANEXO 5. 2: Parámetros de Perforación Auca Sur 9D

PARAMETROS DE PERFORACION AUCA SUR 9D											
DEPTH(ft)	ROP (ft/hr)	WOB (klbf)	PUMP (psi)	TORQUE (ft.lb)	FLOWIN (USgal/min)	SURF_RPM(RPM)	TFA (IN2)	APb(psi)	HSI(HP/IN2)	Vn	FI(Lbs)
322	160.00	8.5	600	2.5	600	40	1.086	296.264	0.516	177.271	548.830
413	165.45	13.5	900	2.5	700	50	1.086	403.248	0.820	206.816	747.019
505	220.80	15	1000	4.5	700	50	1.086	403.248	0.820	206.816	747.019
596	156.00	15	1200	4.5	800	50	1.086	526.692	1.223	236.361	975.698
688	250.91	15	1300	4.5	800	50	1.086	526.692	1.223	236.361	975.698
779	218.40	15	1350	4.5	800	50	1.086	526.692	1.223	236.361	975.698
811	240.00	15	1600	4.5	900	50	1.086	666.594	1.742	265.906	1234.868
875	160.00	15	1650	4.5	900	50	1.086	666.594	1.742	265.906	1234.868
902	324.00	15	1650	4.5	900	50	1.086	666.594	1.742	265.906	1234.868
942	171.43	16.5	1650	4.5	900	50	1.086	666.594	1.742	265.906	1234.868
996	360.00	16.5	1650	4.5	900	50	1.086	666.594	1.742	265.906	1234.868
1028	54.86	7.5	1450	0	900	0	1.086	666.594	1.742	265.906	1234.868
1090	206.67	16.5	1650	4.5	900	50	1.086	666.594	1.742	265.906	1234.868
1112	69.47	7.5	1500	0	900	0	1.086	666.594	1.742	265.906	1234.868
1184	205.71	16.5	1700	4.5	900	50	1.086	666.594	1.742	265.906	1234.868
1205	70.00	7.5	1500	0	900	0	1.086	666.594	1.742	265.906	1234.868
1279	211.43	16.5	1700	4.5	900	65	1.086	666.594	1.742	265.906	1234.868
1297	72.00	7.5	1700	0	950	0	1.086	742.718	2.048	280.679	1375.887
1373	228.00	17.5	2000	5	950	65	1.086	742.718	2.048	280.679	1375.887
1388	75.00	7.5	1750	0	950	0	1.086	742.718	2.048	280.679	1375.887
1467	263.33	17.5	2000	5	950	65	1.086	742.718	2.048	280.679	1375.887
1487	85.71	7.5	1820	0	950	0	1.086	742.718	2.048	280.679	1375.887
1561	222.00	17.5	2050	5	950	65	1.086	742.718	2.048	280.679	1375.887
1584	92.00	7.5	1820	0	940	0	1.086	727.164	1.984	277.724	1347.073
1656	205.71	17.5	2050	5	940	65	1.086	727.164	1.984	277.724	1347.073
1679	92.00	7.5	1800	0	940	0	1.086	727.164	1.984	277.724	1347.073
1749	210.00	18.5	2100	5	940	65	1.086	727.164	1.984	277.724	1347.073
1772	69.00	7.5	2400	0	950	0	1.086	742.718	2.048	280.679	1375.887
1844	270.00	22	2600	5	950	65	1.086	742.718	2.048	280.679	1375.887
1867	86.25	7.5	2300	0	950	0	1.086	742.718	2.048	280.679	1375.887
1938	224.21	22	2600	5	950	65	1.086	742.718	2.048	280.679	1375.887
1961	86.25	22.5	2250	0	950	0	1.086	742.718	2.048	280.679	1375.887
2030	276.00	23	2550	7.5	950	65	1.086	742.718	2.048	280.679	1375.887
2124	235.00	22.5	2500	7.5	940	65	1.086	727.164	1.984	277.724	1347.073
2218	225.60	22.5	2500	7.5	940	65	1.086	727.164	1.984	277.724	1347.073
2231	78.00	10	2270	0	920	0	1.086	696.550	1.860	271.815	1290.361
2312	243.00	22.5	2500	7.5	920	65	1.086	696.550	1.860	271.815	1290.361
2407	211.11	22.5	2500	7.5	920	65	1.086	696.550	1.860	271.815	1290.361
2501	256.36	24	2850	7.5	950	65	1.086	742.718	2.048	280.679	1375.887
2511	75.00	11	2550	0	950	0	1.086	742.718	2.048	280.679	1375.887
2595	252.00	24	2850	7.5	950	65	1.086	742.718	2.048	280.679	1375.887
2689	225.60	24	2850	7.5	950	65	1.086	742.718	2.048	280.679	1375.887
2783	225.60	24	2950	7.5	950	65	1.086	742.718	2.048	280.679	1375.887
2877	194.48	24	2950	7.5	950	65	1.086	742.718	2.048	280.679	1375.887
2971	194.48	24	3000	9.5	950	65	1.086	742.718	2.048	280.679	1375.887
2982	25.38	11	2700	0	950	0	1.086	742.718	2.048	280.679	1375.887
3065	207.50	27.5	3100	8	950	65	1.086	742.718	2.048	280.679	1375.887
3159	256.36	32	3100	8	950	65	1.086	742.718	2.048	280.679	1375.887
3174	37.50	16	2800	0	940	0	1.086	727.164	1.984	277.724	1347.073
3251	231.00	32.5	3100	8	940	65	1.086	727.164	1.984	277.724	1347.073
3345	201.43	32.5	2800	8	950	65	1.086	742.718	2.048	280.679	1375.887
3440	162.86	32.5	2850	7	940	65	1.086	727.164	1.984	277.724	1347.073
3460	44.44	18	2550	0	940	0	1.086	727.164	1.984	277.724	1347.073
3534	211.43	32.5	2950	7	940	65	1.086	727.164	1.984	277.724	1347.073
3544	30.00	17	2850	0	940	0	1.086	727.164	1.984	277.724	1347.073
3628	201.60	35	3050	9	940	65	1.086	727.164	1.984	277.724	1347.073
3722	201.43	32.5	3100	9	940	65	1.086	727.164	1.984	277.724	1347.073
3817	247.83	32.5	3200	13.5	940	65	1.086	727.164	1.984	277.724	1347.073
3911	216.92	32.5	3200	13.5	950	65	1.086	742.718	2.048	280.679	1375.887
3924	39.00	17.5	2900	0	950	0	1.086	742.718	2.048	280.679	1375.887
4005	167.59	32.5	3150	10.5	930	65	1.086	711.775	1.922	274.770	1318.564
4099	188.00	32.5	3200	10.5	930	70	1.086	711.775	1.922	274.770	1318.564
4193	161.14	32.5	3200	10.5	930	70	1.086	711.775	1.922	274.770	1318.564
4203	40.00	25	2900	0	890	0	1.086	651.863	1.684	262.952	1207.579
4287	193.85	37.5	3300	10.5	890	70	1.086	651.863	1.684	262.952	1207.579
4379	220.80	37.5	3250	10.5	900	70	1.086	666.594	1.742	265.906	1234.868
4473	235.00	37.5	3300	10.5	900	70	1.086	666.594	1.742	265.906	1234.868
4567	216.92	32.5	3300	10.5	900	70	1.086	666.594	1.742	265.906	1234.868
4662	190.00	35	3300	11	900	70	1.086	666.594	1.742	265.906	1234.868
4677	17.31	17.5	3000	0	900	0	1.086	666.594	1.742	265.906	1234.868
4755	173.33	37.5	3300	11	900	60	1.086	666.594	1.742	265.906	1234.868
4770	16.98	12	3100	0	900	0	1.086	666.594	1.742	265.906	1234.868
4849	163.45	35	3350	14	900	60	1.086	666.594	1.742	265.906	1234.868
4864	20.45	16.5	3100	0	900	0	1.086	666.594	1.742	265.906	1234.868
4942	156.00	32.5	3350	9.5	900	65	1.086	666.594	1.742	265.906	1234.868
4957	32.14	19	3100	0	900	0	1.086	666.594	1.742	265.906	1234.868

5036	163.45	32.5	3350	9.5	900	65	1.086	666.594	1.742	265.906	1234.868
5051	19.57	19	3100	0	900	0	1.086	666.594	1.742	265.906	1234.868
5130	175.56	37.5	3350	12	900	65	1.086	666.594	1.742	265.906	1234.868
5140	200.00	37.5	3350	12	900	65	1.086	666.594	1.742	265.906	1234.868
5153	35.45	17.5	3000	0	880	0	1.086	637.297	1.628	259.997	1180.595
5224	163.85	37.5	3250	12	880	65	1.086	637.297	1.628	259.997	1180.595
5234	120.00	37.5	3250	12	880	65	1.086	637.297	1.628	259.997	1180.595
5254	41.38	17.5	3050	0	880	0	1.086	637.297	1.628	259.997	1180.595
5318	160.00	37.5	3300	12	880	65	1.086	637.297	1.628	259.997	1180.595
5328	200.00	37.5	3350	12	880	65	1.086	637.297	1.628	259.997	1180.595
5348	27.91	17.5	3100	0	880	0	1.086	637.297	1.628	259.997	1180.595
5411	157.50	35	3350	12	880	65	1.086	637.297	1.628	259.997	1180.595
5421	150.00	35	3350	12	880	65	1.086	637.297	1.628	259.997	1180.595
5436	31.03	17.5	3100	0	880	0	1.086	637.297	1.628	259.997	1180.595
5506	168.00	34	3400	12	880	65	1.086	637.297	1.628	259.997	1180.595
5515	135.00	34	3400	12	870	65	1.086	622.895	1.573	257.043	1153.915
5525	31.58	17.5	3120	0	870	0	1.086	622.895	1.573	257.043	1153.915
5599	134.55	35	3400	12	860	65	1.086	608.658	1.520	254.088	1127.541
5693	141.00	35	3350	12	860	65	1.086	608.658	1.520	254.088	1127.541
5703	150.00	35	3350	12	860	65	1.086	608.658	1.520	254.088	1127.541
5718	23.68	17.5	3120	0	850	0	1.086	594.586	1.467	251.134	1101.472
5787	188.18	35	3300	15	840	65	1.086	580.678	1.416	248.179	1075.707
5794	84.00	30	3300	11	840	65	1.086	580.678	1.416	248.179	1075.707
5814	22.22	20	3100	0	840	0	1.086	580.678	1.416	248.179	1075.707
5880	104.21	35	3450	13.5	840	65	1.086	580.678	1.416	248.179	1075.707
5885	150.00	35	3450	13.5	840	65	1.086	580.678	1.416	248.179	1075.707
5910	18.07	27.5	3200	0	840	0	1.086	580.678	1.416	248.179	1075.707
5974	101.05	32.5	3450	13.5	840	65	1.086	580.678	1.416	248.179	1075.707
6069	93.44	32.5	3450	16	840	65	1.086	580.678	1.416	248.179	1075.707
6074	42.86	32.5	3450	16	840	65	1.086	580.678	1.416	248.179	1075.707
6091	14.37	25	3220	0	840	0	1.086	580.678	1.416	248.179	1075.707
6163	113.68	32.5	3450	16	840	65	1.086	580.678	1.416	248.179	1075.707
6220	76.00	32.5	3450	16	840	65	1.086	580.678	1.416	248.179	1075.707
6230	46.15	7.5	1700	6.5	600	40	1.097	284.545	0.846	175.493	532.460
6253	230.00	26.5	2400	9	800	50	1.097	505.859	2.004	233.991	946.596
6345	157.71	19	2600	7.5	900	70	1.097	640.227	2.854	263.240	1198.036
6440	203.57	15	2700	7.5	900	70	1.097	640.227	2.854	263.240	1198.036
6484	165.00	21.5	2600	7.5	900	70	1.097	640.227	2.854	263.240	1198.036
6492	96.00	21.5	2600	7.5	900	70	1.097	640.227	2.854	263.240	1198.036
6521	174.00	21.5	2600	7.5	900	70	1.097	640.227	2.854	263.240	1198.036
6534	260.00	21.5	2600	7.5	900	70	1.097	640.227	2.854	263.240	1198.036
6589	157.14	17.5	2700	7.5	900	70	1.097	640.227	2.854	263.240	1198.036
6629	120.00	12.5	2350	7.5	800	70	1.097	505.859	2.004	233.991	946.596
6722	146.84	12.5	2700	9	900	70	1.097	640.227	2.854	263.240	1198.036
6816	161.14	10	2950	8	900	70	1.097	640.227	2.854	263.240	1198.036
6909	169.09	17.5	3080	9	900	70	1.097	640.227	2.854	263.240	1198.036
7004	154.05	16.5	3000	7.5	900	60	1.097	640.227	2.854	263.240	1198.036
7098	122.61	19	2900	10.5	900	60	1.097	640.227	2.854	263.240	1198.036
7193	126.67	20	3200	7.5	880	60	1.097	612.089	2.668	257.390	1145.381
7230	201.82	18.5	3200	10.5	880	60	1.097	612.089	2.668	257.390	1145.381
7287	142.50	21.5	3150	9.5	880	60	1.097	612.089	2.668	257.390	1145.381
7381	108.46	21.5	3150	9.5	880	60	1.097	612.089	2.668	257.390	1145.381
7476	98.28	21.5	3150	9.5	880	60	1.097	612.089	2.668	257.390	1145.381
7569	126.82	21.5	3150	8.5	880	60	1.097	612.089	2.668	257.390	1145.381
7662	77.50	21.5	3150	8.5	880	60	1.097	612.089	2.668	257.390	1145.381
7698	127.06	21.5	3400	8.5	880	60	1.097	612.089	2.668	257.390	1145.381
7756	75.65	21.5	2850	8.5	860	60	1.097	584.583	2.490	251.540	1093.910
7850	80.57	27.5	3350	9	760	70	1.097	456.537	1.718	222.291	854.303
7945	69.51	27.5	3350	9	750	70	1.097	444.602	1.652	219.366	831.969
8039	92.46	16	3300	11	740	70	1.097	432.825	1.586	216.442	809.931
8134	85.07	31.5	3400	10.5	750	70	1.097	444.602	1.652	219.366	831.969
8197	61.97	27.5	3300	12	740	70	1.097	432.825	1.586	216.442	809.931
8229	28.66	17.5	2800	8	650	40	1.097	333.946	1.075	190.118	624.901
8323	42.41	26	2700	7.5	650	40	1.097	333.946	1.075	190.118	624.901
8417	32.98	20	2800	7.5	650	40	1.097	333.946	1.075	190.118	624.901
8507	30.68	17.5	2800	7.5	650	40	1.097	333.946	1.075	190.118	624.901
8517	50.00	17.5	2800	7.5	650	40	1.097	333.946	1.075	190.118	624.901
8585	43.87	27.5	3400	10.5	720	60	1.097	409.745	1.461	210.592	766.743
8601	29.09	32.5	3150	8	830	65	1.097	544.509	2.238	242.766	1018.922
8695	61.30	30	3100	10.5	830	60	1.097	544.509	2.238	242.766	1018.922
8789	63.37	15	3200	11.5	840	60	1.097	557.709	2.320	245.690	1043.622
8883	72.31	17.5	3250	10.5	740	60	1.097	432.825	1.586	216.442	809.931
8977	71.39	17.5	3250	10.5	740	60	1.097	432.825	1.586	216.442	809.931
9071	64.09	22.5	3400	11	730	60	1.097	421.206	1.523	213.517	788.189
9123	69.33	17.5	3500	10.5	710	60	1.097	398.443	1.401	207.667	745.592
9165	86.90	25	3300	11	800	60	1.097	505.859	2.004	233.991	946.596
9252	65.25	25	3300	12	780	60	1.097	480.882	1.858	228.141	899.858
9259	28.00	15	2500	10.5	650	40	1.097	333.946	1.075	190.118	624.901
9270	22.76	17.5	2700	10.5	650	40	1.097	333.946	1.075	190.118	624.901
9354	25.85	27.5	3400	10.5	730	65	1.097	421.206	1.523	213.517	788.189
9447	23.74	27.5	3400	10.5	725	65	1.097	415.456	1.492	212.054	777.429
9539	28.45	27.5	3400	14.5	740	65	1.097	432.825	1.586	216.442	809.931
9568	38.67	27.5	3400	14.5	740	65	1.097	432.825	1.586	216.442	809.931
9633	26.00	22.5	3200	14.5	740	65	1.097	432.825	1.586	216.442	809.931
9697	32.54	27.5	3300	18.5	700	65	1.097	387.298	1.343	204.742	724.738
9728	26.20	30	3200	18.5	660	65	1.097	344.300	1.125	193.042	644.277
9752	20.87	25	2700	18.5	650	65	1.097	333.946	1.075	190.118	624.901
9822	25.00	27.5	3300	13.5	740	65	1.097	432.825	1.586	216.442	809.931
9842	27.91	29	3300	11	740	65	1.097	432.825	1.586	216.442	809.931
9852	30.00	11	1400	7	400	40	0.778	236.040	0.971	164.967	313.252

9868	32.00	15	1300	8	420	40	0.778	260.234	1.124	173.215	345.360
9911	36.34	15	1700	8	450	65	0.778	298.738	1.383	185.587	396.459
10004	63.41	12.5	1700	10	450	65	0.778	298.738	1.383	185.587	396.459
10098	55.29	15	1700	10	450	65	0.778	298.738	1.383	185.587	396.459
10192	84.18	11.5	1800	9.5	450	65	0.778	298.738	1.383	185.587	396.459
10286	69.63	15	1850	10.5	450	65	0.778	298.738	1.383	185.587	396.459
10380	45.12	12.5	2000	11	450	65	0.778	298.738	1.383	185.587	396.459
10389	54.00	12.5	1800	9	380	65	0.778	213.026	0.833	156.718	282.710
10474	47.66	12.5	2100	9	450	60	0.778	298.738	1.383	185.587	396.459
10568	33.98	15	2100	10.5	450	60	0.778	298.738	1.383	185.587	396.459
10610	60.00	22.5	2100	10.5	450	60	0.778	298.738	1.383	185.587	396.459

ANEXO 5. 3: Parámetros de Perforación Drago Norte 31D

PARAMETROS DE PERFORACION DRAGO NORTE 31D												
DEPTH(ft)	ROP (ft/hr)	WOB (klbf)	PUMP (psi)	TORQUE (ft.lb)	FLOWIN (USgal/m)	SURF_R (PM/RPM)	TFA (IN2)	APb(Psi)	HSI(HP/IN2)	Vn (PIES/SEG)	FI(Lbs)	
264	78.00	6	600	2	460	40	0.85	272.889	0.364	173.642	395.670	
323	95.68	6	900	0.5	600	40	0.85	464.272	0.809	226.489	673.163	
363	126.32	10	800	1.5	600	0	0.85	464.272	0.809	226.489	673.163	
413	96.77	14	900	0.5	600	40	0.85	464.272	0.809	226.489	673.163	
428	180.00	10	800	1.5	600	0	0.85	464.272	0.809	226.489	673.163	
503	166.67	14	900	0.5	600	40	0.85	464.272	0.809	226.489	673.163	
523	92.31	10	800	1.5	600	0	0.85	464.272	0.809	226.489	673.163	
593	168.00	14	900	0.5	650	40	0.85	544.874	1.028	245.364	790.031	
613	150.00	10	800	1.5	650	0	0.85	544.874	1.028	245.364	790.031	
683	323.08	14	1400	1	750	40	0.85	725.424	1.580	283.112	1051.817	
708	125.00	10	1300	1.5	750	0	0.85	725.424	1.580	283.112	1051.817	
777	217.89	14	1400	1	750	40	0.85	725.424	1.580	283.112	1051.817	
807	100.00	12	1800	0	850	0	0.85	931.767	2.299	320.860	1351.000	
817	150.00	12	1800	1.5	850	0	0.85	931.767	2.299	320.860	1351.000	
896	278.82	14	2200	1	900	40	0.85	1044.611	2.729	339.734	1514.616	
926	150.00	10	2100	2.5	900	0	0.85	1044.611	2.729	339.734	1514.616	
991	278.57	14	2700	1.5	1000	40	0.85	1289.644	3.744	377.482	1869.897	
1016	125.00	10	2600	2.5	1000	0	0.85	1289.644	3.744	377.482	1869.897	
1085	243.53	14	2900	1.5	1000	40	0.85	1289.644	3.744	377.482	1869.897	
1100	150.00	12	2600	2.5	1000	0	0.85	1289.644	3.744	377.482	1869.897	
1175	187.50	16	2900	1.5	1000	40	0.85	1289.644	3.744	377.482	1869.897	
1190	90.00	12	2600	3	1000	0	0.85	1289.644	3.744	377.482	1869.897	
1220	180.00	16	2800	5	1000	40	0.85	1289.644	3.744	377.482	1869.897	
1273	96.36	16	2850	2	1000	40	0.85	1289.644	3.744	377.482	1869.897	
1288	27.27	14	2800	3	1000	0	0.85	1289.644	3.744	377.482	1869.897	
1367	152.90	20	2850	2	1000	40	0.85	1289.644	3.744	377.482	1869.897	
1381	70.00	14	2800	3	1000	0	0.85	1289.644	3.744	377.482	1869.897	
1461	192.00	18	2900	2	1000	40	0.85	1289.644	3.744	377.482	1869.897	
1475	84.00	14	2800	3.5	1000	0	0.85	1289.644	3.744	377.482	1869.897	
1555	165.52	18	2900	6	1000	40	0.85	1289.644	3.744	377.482	1869.897	
1571	80.00	14	2800	6	1000	0	0.85	1289.644	3.744	377.482	1869.897	
1649	156.00	20	3050	6	1000	50	0.85	1289.644	3.744	377.482	1869.897	
1714	205.26	20	3050	6	1000	50	0.85	1289.644	3.744	377.482	1869.897	
1743	96.67	20	3050	6	1000	50	0.85	1289.644	3.744	377.482	1869.897	
1838	150.00	20	3200	2.5	1000	50	0.85	1289.644	3.744	377.482	1869.897	
1848	100.00	16	3100	3.5	1000	0	0.85	1289.644	3.744	377.482	1869.897	
1932	132.63	20	3250	6	1000	60	0.85	1289.644	3.744	377.482	1869.897	
2026	141.00	20	3200	2.5	1000	60	0.85	1289.644	3.744	377.482	1869.897	
2036	75.00	16	2500	4	850	0	0.85	931.767	2.299	320.860	1351.000	
2120	140.00	20	2650	6.5	850	60	0.85	931.767	2.299	320.860	1351.000	
2215	116.33	20	2650	6.5	850	60	0.85	931.767	2.299	320.860	1351.000	
2250	190.91	20	2950	6.5	910	60	0.85	1067.954	2.821	343.509	1548.461	
2309	126.43	20	3500	6.5	980	60	0.85	1238.574	3.524	369.933	1795.849	
2404	172.73	24	3400	6.5	980	60	0.85	1238.574	3.524	369.933	1795.849	
2498	112.80	24	3400	2.5	980	60	0.85	1238.574	3.524	369.933	1795.849	
2518	92.31	22	2600	4.5	860	0	0.85	953.820	2.381	324.635	1382.976	
2592	98.67	26	2750	7.5	860	60	0.85	953.820	2.381	324.635	1382.976	
2686	100.71	26	3450	7.5	980	60	0.85	1238.574	3.524	369.933	1795.849	
2781	129.55	26	3450	7.5	980	60	0.85	1238.574	3.524	369.933	1795.849	
2876	126.67	26	3450	7.5	980	60	0.85	1238.574	3.524	369.933	1795.849	
2970	102.55	26	3450	7.5	980	60	0.85	1238.574	3.524	369.933	1795.849	
3064	94.00	26	3450	7.5	980	60	0.85	1238.574	3.524	369.933	1795.849	
3095	124.00	26	3450	8	980	60	0.85	1238.574	3.524	369.933	1795.849	
3534	190.00	22	3500	8.5	1000	60	1.086	790.038	2.294	295.451	1463.547	
3627	214.62	22	3500	8.5	1000	60	1.086	822.956	2.389	295.451	1524.528	
3722	142.50	22	3500	8.5	1000	60	1.086	822.956	2.389	295.451	1524.528	
3816	201.43	22	3500	3.5	1000	60	1.086	822.956	2.389	295.451	1524.528	
3834	41.54	22	3500	6	1000	0	1.086	822.956	2.389	295.451	1524.528	
3910	114.00	22	3500	10	1000	60	1.086	822.956	2.389	295.451	1524.528	
4005	142.50	22	3500	10	1000	60	1.086	822.956	2.389	295.451	1524.528	
4100	118.75	22	3500	10	1000	60	1.086	822.956	2.389	295.451	1524.528	
4194	152.43	22	3500	4	1000	60	1.086	822.956	2.389	295.451	1524.528	
4208	84.00	22	3500	6	1000	0	1.086	822.956	2.389	295.451	1524.528	
4288	141.18	22	3500	4	1000	60	1.086	822.956	2.389	295.451	1524.528	
4308	80.00	25	3500	7	1000	0	1.086	822.956	2.389	295.451	1524.528	
4382	116.84	25	3500	12	1000	60	1.086	822.956	2.389	295.451	1524.528	

4475	136.10	25	3500	12	1000	60	1.086	822.956	2.389	295.451	1524.528
4569	134.29	25	3500	12	1000	60	1.086	822.956	2.389	295.451	1524.528
4663	115.10	25	3500	12	1000	60	1.086	822.956	2.389	295.451	1524.528
4675	90.00	25	3500	12	1000	60	1.086	822.956	2.389	295.451	1524.528
4756	138.86	25	3500	5	1000	60	1.086	822.956	2.389	295.451	1524.528
4762	60.00	25	3500	7	1000	0	1.086	822.956	2.389	295.451	1524.528
4850	120.00	25	3600	5	1000	60	1.086	822.956	2.389	295.451	1524.528
4870	80.00	25	3500	7	1000	0	1.086	822.956	2.389	295.451	1524.528
4943	151.03	25	3600	12	1000	60	1.086	822.956	2.389	295.451	1524.528
5037	144.62	25	3600	12	1000	60	1.086	822.956	2.389	295.451	1524.528
5131	245.22	25	3600	12	1000	60	1.086	822.956	2.389	295.451	1524.528
5224	174.38	25	3600	5	1000	60	1.086	822.956	2.389	295.451	1524.528
5254	90.00	25	3500	8	1000	0	1.086	822.956	2.389	295.451	1524.528
5318	120.00	27	3500	14	950	40	1.086	742.718	2.048	280.679	1375.887
5412	128.18	27	3500	14	950	40	1.086	742.718	2.048	280.679	1375.887
5507	158.33	27	3500	14	950	40	1.086	742.718	2.048	280.679	1375.887
5600	206.67	27	3500	14	950	40	1.086	742.718	2.048	280.679	1375.887
5630	78.26	27	3400	14	950	0	1.086	742.718	2.048	280.679	1375.887
5695	108.33	27	3500	14	950	40	1.086	742.718	2.048	280.679	1375.887
5789	148.42	27	3500	14	950	40	1.086	742.718	2.048	280.679	1375.887
5884	178.13	27	3500	6	900	40	1.086	666.594	1.742	265.906	1234.868
5904	38.71	27	3400	8	900	0	1.086	666.594	1.742	265.906	1234.868
5978	105.71	27	3500	6	900	40	1.086	666.594	1.742	265.906	1234.868
5998	54.55	27	3400	8	860	0	1.086	608.658	1.520	254.088	1127.541
6060	137.78	27	3500	6	860	40	1.086	608.658	1.520	254.088	1127.541
6793	100.00	18	3500	12	950	60	1.074	721.437	3.394	283.815	1321.697
6825	51.89	18	3500	12	950	60	1.074	721.437	3.394	283.815	1321.697
6920	98.28	18	3500	12	950	60	1.074	721.437	3.394	283.815	1321.697
7014	104.44	20	3500	14	950	60	1.074	721.437	3.394	283.815	1321.697
7108	106.42	20	3500	14	950	60	1.074	721.437	3.394	283.815	1321.697
7122	10.12	36	3400	0	950	0	1.074	721.437	3.394	283.815	1321.697
7202	67.61	20	3500	16	950	60	1.074	721.437	3.394	283.815	1321.697
7222	6.15	36	3400	0	950	0	1.074	721.437	3.394	283.815	1321.697
7276	60.00	20	3500	16	950	60	1.074	721.437	3.394	283.815	1321.697
7296	23.53	36	3450	0	900	0	1.074	647.495	2.886	268.877	1186.232
7306	28.57	36	3450	0	900	0	1.074	647.495	2.886	268.877	1186.232
7371	43.33	10	2300	16	700	40	1.074	391.694	1.358	209.127	717.597
7389	30.00	10	2300	16	700	40	1.074	391.694	1.358	209.127	717.597
7408	95.00	12	2300	16	700	40	1.074	391.694	1.358	209.127	717.597
7435	36.00	38	3400	0	950	0	1.074	721.437	3.394	283.815	1321.697
7483	96.00	26	3550	16	950	60	1.074	721.437	3.394	283.815	1321.697
7495	17.14	36	3500	0	950	0	1.074	721.437	3.394	283.815	1321.697
7523	22.70	36	3500	0	950	0	1.074	721.437	3.394	283.815	1321.697
7576	51.29	26	3550	18	950	60	1.074	721.437	3.394	283.815	1321.697
7591	30.00	36	3450	0	950	0	1.074	721.437	3.394	283.815	1321.697
7670	66.76	30	3550	18	950	60	1.074	721.437	3.394	283.815	1321.697
7695	26.32	40	3500	0	950	0	1.074	721.437	3.394	283.815	1321.697
7760	40.21	30	3550	16	950	60	1.074	721.437	3.394	283.815	1321.697
7783	25.09	38	3500	0	900	0	1.074	647.495	2.886	268.877	1186.232
7857	42.69	32	3550	16	900	60	1.074	647.495	2.886	268.877	1186.232
7874	20.40	38	3400	0	900	0	1.074	647.495	2.886	268.877	1186.232
7923	60.00	30	3550	16	900	60	1.074	647.495	2.886	268.877	1186.232
7944	70.00	28	3600	16	890	60	1.074	633.186	2.791	265.890	1160.018
7951	84.00	28	3600	18	890	60	1.074	633.186	2.791	265.890	1160.018
7986	28.77	38	3500	0	890	0	1.074	633.186	2.791	265.890	1160.018
8044	56.13	30	3600	16	890	60	1.074	633.186	2.791	265.890	1160.018
8079	25.93	36	3500	0	890	0	1.074	633.186	2.791	265.890	1160.018
8139	40.00	28	3600	16	890	60	1.074	633.186	2.791	265.890	1160.018
8180	27.33	36	3500	0	890	0	1.074	633.186	2.791	265.890	1160.018
8232	58.87	26	3600	18	890	60	1.074	633.186	2.791	265.890	1160.018
8260	93.33	26	3600	16	890	60	1.074	633.186	2.791	265.890	1160.018
8327	39.03	14	2400	13	700	40	1.074	391.694	1.358	209.127	717.597
8421	37.60	14	2400	13	700	40	1.074	391.694	1.358	209.127	717.597
8452	30.49	14	2350	13	680	40	1.074	369.632	1.245	203.152	677.177
8515	33.16	16	2350	13	680	40	1.074	369.632	1.245	203.152	677.177
8609	42.09	18	2350	14	680	40	1.074	369.632	1.245	203.152	677.177
8655	41.19	18	2400	14	700	40	1.074	391.694	1.358	209.127	717.597
8704	33.41	18	2400	15	700	40	1.074	391.694	1.358	209.127	717.597
8744	32.43	18	2400	15	700	40	1.074	391.694	1.358	209.127	717.597
8798	17.33	40	3500	15	850	45	1.074	577.549	2.431	253.939	1058.090

8840	24.95	40	3600	15	860	65	1.074	591.219	2.518	256.927	1083.132
8889	98.00	14	3500	12	850	60	1.187	482.775	2.032	229.765	977.517
8984	103.64	14	3500	14	850	60	1.187	482.775	2.032	229.765	977.517
9079	114.00	16	3500	14	850	60	1.187	482.775	2.032	229.765	977.517
9174	114.00	16	3500	16	850	60	1.187	482.775	2.032	229.765	977.517
9269	114.00	16	3600	16	850	60	1.187	482.775	2.032	229.765	977.517
9364	114.00	20	3600	16	850	60	1.187	482.775	2.032	229.765	977.517
9454	120.00	16	3600	16	850	60	1.187	482.775	2.032	229.765	977.517
9549	118.75	16	3650	18	850	60	1.187	482.775	2.032	229.765	977.517
9641	32.86	36	3500	18	800	60	1.187	427.648	1.694	216.249	865.897
9700	29.50	30	3500	18	750	60	1.187	375.863	1.396	202.734	761.042
9706	14.40	34	3400	18	750	60	1.187	375.863	1.396	202.734	761.042
9712	24.00	34	3500	18	750	60	1.187	375.863	1.396	202.734	761.042
9735	24.64	34	3500	19	750	60	1.187	375.863	1.396	202.734	761.042
9803	15.69	36	3500	18	750	60	1.187	375.863	1.396	202.734	761.042
9829	35.45	34	3400	15	800	60	1.282	370.396	1.468	200.225	809.997
9923	47.00	34	3500	16.5	800	60	1.282	370.396	1.468	200.225	809.997
9988	45.88	24	3600	16.5	780	60	1.282	352.108	1.360	195.219	770.003
10017	43.50	24	3550	16.5	760	60	1.282	334.282	1.258	190.213	731.022
10078	43.06	24	3600	16.5	750	60	1.282	325.543	1.209	187.711	711.911
10100	18.86	30	3600	0	750	0	1.282	325.543	1.209	187.711	711.911
10112	48.00	24	3700	17	750	60	1.282	325.543	1.209	187.711	711.911
10140	48.00	23	3700	18	750	60	1.282	325.543	1.209	187.711	711.911
10152	48.00	23	3700	18.5	750	60	1.282	325.543	1.209	187.711	711.911
10182	60.00	22	1650	17.5	400	40	0.778	230.908	0.950	164.967	306.442
10205	57.50	18	1820	17.5	500	70	0.778	360.794	1.856	206.208	478.816
10299	86.77	18	1850	17.5	500	70	0.778	360.794	1.856	206.208	478.816
10392	88.57	18	1900	17.5	500	70	0.778	360.794	1.856	206.208	478.816
10485	68.05	18	2000	18	500	70	0.778	360.794	1.856	206.208	478.816
10579	54.23	18	2000	18.5	500	70	0.778	360.794	1.856	206.208	478.816
10675	55.38	20	2000	19	500	70	0.778	360.794	1.856	206.208	478.816
10768	62.00	20	2000	19.5	500	70	0.778	360.794	1.856	206.208	478.816
10861	82.06	20	2000	20	500	70	0.778	360.794	1.856	206.208	478.816
10920	86.34	20	2000	20.5	500	70	0.778	360.794	1.856	206.208	478.816

ANEXO 5. 4: Parámetros de Perforación Drago Norte 16D

PARAMETROS DE PERFORACION DRAGO NORTE 16D											
DEPTH(ft)	ROP (ft/hr)	WOB (klbf)	PUMP (psi)	TORQUE (ft.lb)	FLOWIN (USgal/m)	SURF_R PM(RPM)	TFA (IN2)	APb(PSI)	HSI(HP/I N2)	Vn (PIES/SE)	FI(Lbs)
290	168.00	7.5	600	2	600	40	0.863	455.213	0.793	223.110	670.026
310	150.00	7.5	700	0	600	0	0.863	455.213	0.793	223.110	670.026
320	150.00	7.5	700	2	600	40	0.863	455.213	0.793	223.110	670.026
340	133.33	7.5	700	0	600	0	0.863	455.213	0.793	223.110	670.026
351	165.00	7.5	750	3	600	40	0.863	455.213	0.793	223.110	670.026
361	150.00	7.5	800	0	600	0	0.863	455.213	0.793	223.110	670.026
411	115.38	7.5	800	3	600	40	0.863	455.213	0.793	223.110	670.026
423	120.00	7.5	900	0	600	0	0.863	455.213	0.793	223.110	670.026
500	124.86	7.5	900	3	600	40	0.863	455.213	0.793	223.110	670.026
525	150.00	12.5	900	0	600	0	0.863	455.213	0.793	223.110	670.026
591	127.74	12.5	900	3	650	40	0.863	534.243	1.008	241.702	786.350
621	120.00	12.5	1100	0	650	0	0.863	534.243	1.008	241.702	786.350
681	144.00	12.5	1050	4	650	40	0.863	534.243	1.008	241.702	786.350
711	128.57	12.5	1100	0	700	0	0.863	619.596	1.259	260.295	911.980
740	174.00	12.5	1400	4	700	40	0.863	619.596	1.259	260.295	911.980
774	156.92	12.5	1400	4	700	40	0.863	619.596	1.259	260.295	911.980
805	124.00	17.5	1400	4	750	40	0.863	711.270	1.549	278.887	1046.916
817	144.00	17.5	1400	0	750	0	0.863	711.270	1.549	278.887	1046.916
894	140.00	17.5	1600	4	750	40	0.863	711.270	1.549	278.887	1046.916
902	96.00	17.5	1600	0	750	0	0.863	711.270	1.549	278.887	1046.916
988	125.85	15	1750	6	800	40	0.863	809.268	1.880	297.480	1191.157
1008	120.00	12	1700	0	800	0	0.863	809.268	1.880	297.480	1191.157
1083	236.84	20	2200	6	900	45	0.863	1024.230	2.676	334.665	1507.558
1103	100.00	10	2000	0	900	0	0.863	1024.230	2.676	334.665	1507.558
1176	336.92	22.5	2200	8	900	40	0.863	1024.230	2.676	334.665	1507.558
1191	15.25	6	2000	0	900	0	0.863	1024.230	2.676	334.665	1507.558
1270	225.71	22.5	2200	8	900	40	0.863	1024.230	2.676	334.665	1507.558
1288	135.00	12	2000	0	900	0	0.863	1024.230	2.676	334.665	1507.558
1365	184.80	22.5	2200	8	900	40	0.863	1024.230	2.676	334.665	1507.558
1385	100.00	22.5	2100	0	900	0	0.863	1024.230	2.676	334.665	1507.558
1459	246.67	22.5	2300	8	900	50	0.863	1024.230	2.676	334.665	1507.558
1479	63.16	10	2000	0	900	0	0.863	1024.230	2.676	334.665	1507.558
1553	246.67	17.5	2500	8	900	50	0.863	1024.230	2.676	334.665	1507.558
1647	201.43	22.5	2450	0	900	50	0.863	1024.230	2.676	334.665	1507.558
1672	100.00	10	1900	0	830	0	0.863	871.101	2.099	308.635	1282.169
1741	230.00	22.5	2200	0	860	45	0.863	935.210	2.335	319.791	1376.531
1751	50.00	10	2000	0	830	0	0.863	871.101	2.099	308.635	1282.169
1835	180.00	22.5	2450	0	870	50	0.863	957.086	2.417	323.509	1408.730
1930	162.86	22.5	2450	0	870	45	0.863	957.086	2.417	323.509	1408.730
2024	256.36	22.5	2450	0	870	45	0.863	957.086	2.417	323.509	1408.730
2118	235.00	22.5	2500	0	900	55	0.863	1024.230	2.676	334.665	1507.558
2213	237.50	22.5	2500	0	900	45	0.863	1024.230	2.676	334.665	1507.558
2223	60.00	22.5	2300	0	900	0	0.863	1024.230	2.676	334.665	1507.558
2300	154.00	22.5	2300	0	900	45	0.863	1024.230	2.676	334.665	1507.558
2322	101.54	10	2350	0	880	0	0.863	979.214	2.502	327.228	1441.300
2401	206.09	22.5	2800	0	920	45	0.863	1070.257	2.859	342.102	1575.305
2495	201.43	22.5	2800	0	900	50	0.863	1024.230	2.676	334.665	1507.558
2590	190.00	22.5	2900	0	900	45	0.863	1024.230	2.676	334.665	1507.558
2684	208.89	22.5	2900	0	900	45	0.863	1024.230	2.676	334.665	1507.558
2778	170.91	22.5	3500	0	1000	45	0.863	1264.481	3.671	371.850	1861.183
2873	178.13	22.5	3450	0	1000	45	0.863	1264.481	3.671	371.850	1861.183
2967	170.91	22.5	3500	7.5	1000	50	0.863	1264.481	3.671	371.850	1861.183
3054	180.00	22.5	3500	7.5	1000	60	0.863	1264.481	3.671	371.850	1861.183
3062	96.00	22.5	3500	7.5	1000	60	0.863	1264.481	3.671	371.850	1861.183
3156	201.43	22.5	3500	9	1000	60	0.863	1264.481	3.671	371.850	1861.183
3250	170.91	27.5	3600	10.5	1000	60	0.863	1264.481	3.671	371.850	1861.183
3260	75.00	27	3500	7.5	990	60	0.863	1239.318	3.562	368.131	1824.146
3275	90.00	20	3300	0	990	0	0.863	1239.318	3.562	368.131	1824.146
3344	165.60	27.5	3500	10.5	990	50	0.863	1239.318	3.562	368.131	1824.146
3438	201.43	27.5	3500	10.5	990	50	0.863	1239.318	3.562	368.131	1824.146
3533	178.12	27.5	3500	10.5	990	50	0.863	1239.318	3.562	368.131	1824.146
3626	174.38	27.5	3500	10.5	990	50	0.863	1239.318	3.562	368.131	1824.146
3721	183.87	27.5	3500	10.5	990	50	0.863	1239.318	3.562	368.131	1824.146
3746	60.00	11	3100	0	970	0	0.863	1189.750	3.350	360.694	1751.187
3815	159.23	27.5	3350	10.5	970	50	0.863	1189.750	3.350	360.694	1751.187
3836	33.16	11	3350	0	970	0	0.863	1189.750	3.350	360.694	1751.187

3909	175.20	27.5	3500	9.5	990	50	0.863	1239.318	3.562	368.131	1824.146
4002	206.67	27.5	3500	9.5	990	50	0.863	1239.318	3.562	368.131	1824.146
4099	194.00	22.5	3400	7.5	1000	60	1.086	822.956	2.389	295.451	1524.528
4193	122.61	22.5	3050	7.5	1000	60	1.086	822.956	2.389	295.451	1524.528
4203	16.67	10	2150	0	800	0	1.086	526.692	1.223	236.361	975.698
4287	120.00	27.5	3400	10.5	1000	45	1.086	822.956	2.389	295.451	1524.528
4381	152.43	22.5	3350	10.5	1000	45	1.086	822.956	2.389	295.451	1524.528
4474	143.08	22.5	3350	10.5	1000	60	1.086	822.956	2.389	295.451	1524.528
4568	112.80	22.5	3450	10.5	1000	60	1.086	822.956	2.389	295.451	1524.528
4662	98.95	22.5	3500	10.5	1000	60	1.086	822.956	2.389	295.451	1524.528
4755	136.10	25.5	3500	10.5	1000	60	1.086	822.956	2.389	295.451	1524.528
4849	125.33	24	3500	10.5	970	60	1.086	774.319	2.181	286.588	1434.429
4943	188.00	24	3500	0	970	60	1.086	774.319	2.181	286.588	1434.429
5900	120.00	5	1400	6.5	700	45	1.052	407.997	1.414	213.434	732.378
5910	32.73	15	1400	0	800	0	1.052	532.894	2.111	243.925	956.576
5977	55.43	16	1350	9.5	800	50	1.052	532.894	2.111	243.925	956.576
5997	33.43	20	1800	0	850	0	1.052	601.588	2.533	259.170	1079.884
6072	46.08	15	2100	9.5	900	45	1.052	674.444	3.006	274.415	1210.666
6100	36.67	20	1900	0	900	0	1.052	674.444	3.006	274.415	1210.666
6167	43.05	14	1950	9.5	900	45	1.052	674.444	3.006	274.415	1210.666
6195	37.35	15	2400	0	900	0	1.052	674.444	3.006	274.415	1210.666
6261	42.65	18	2400	9	900	50	1.052	674.444	3.006	274.415	1210.666
6294	34.64	20	2350	0	900	0	1.052	674.444	3.006	274.415	1210.666
6355	37.90	15	2350	9	900	50	1.052	674.444	3.006	274.415	1210.666
6370	35.00	14	2400	0	900	0	1.052	674.444	3.006	274.415	1210.666
6385	32.58	14	2600	0	900	0	1.052	674.444	3.006	274.415	1210.666
6449	35.09	12	2800	9.5	900	50	1.052	674.444	3.006	274.415	1210.666
6477	32.24	20	2700	0	900	0	1.052	674.444	3.006	274.415	1210.666
6543	34.71	12	2800	9.5	900	50	1.052	674.444	3.006	274.415	1210.666
6580	30.91	15	2700	0	900	0	1.052	674.444	3.006	274.415	1210.666
6637	32.70	18	2800	9.5	900	50	1.052	674.444	3.006	274.415	1210.666
6687	28.84	15	2700	0	900	0	1.052	674.444	3.006	274.415	1210.666
6731	30.09	16	2800	9.5	900	50	1.052	674.444	3.006	274.415	1210.666
6741	29.74	18	2800	0	900	0	1.052	674.444	3.006	274.415	1210.666
6825	31.82	18	2900	9.5	900	50	1.052	674.444	3.006	274.415	1210.666
6900	33.68	18	2900	9.5	900	50	1.052	674.444	3.006	274.415	1210.666
6920	33.73	8	2000	8.5	700	45	1.052	407.997	1.414	213.434	732.378
6970	33.03	10	1900	9.5	690	45	1.052	396.423	1.355	210.385	711.603
6988	32.88	20	2000	7.5	700	45	1.052	407.997	1.414	213.434	732.378
7014	32.06	35	2000	8	750	45	1.052	468.364	1.740	228.680	840.740
7050	31.31	35	3100	9.5	900	60	1.052	674.444	3.006	274.415	1210.666
7060	31.16	40	3200	8	900	60	1.052	674.444	3.006	274.415	1210.666
7108	99.31	15	3200	9.5	900	60	1.052	688.643	3.070	274.415	1236.154
7203	102.14	16	3100	10	900	60	1.052	688.643	3.070	274.415	1236.154
7220	100.00	15	3200	10	900	60	1.052	688.643	3.070	274.415	1236.154
7298	88.70	16	3200	10	900	60	1.052	688.643	3.070	274.415	1236.154
7392	85.49	18	3250	10	900	50	1.052	688.643	3.070	274.415	1236.154
7486	82.45	18	3300	10	900	60	1.052	688.643	3.070	274.415	1236.154
7580	84.78	20	3300	9.5	900	60	1.052	688.643	3.070	274.415	1236.154
7674	80.79	20	3400	9.5	900	60	1.052	688.643	3.070	274.415	1236.154
7767	77.98	19	3400	10	900	60	1.052	688.643	3.070	274.415	1236.154
7861	78.66	18	3500	10	900	60	1.052	688.643	3.070	274.415	1236.154
7906	77.26	20	3500	11	900	60	1.052	688.643	3.070	274.415	1236.154
7929	75.02	12	2300	11	700	40	1.052	416.586	1.444	213.434	747.797
7954	72.58	12	2100	12	670	40	1.052	381.644	1.266	204.287	685.073
8048	65.94	15	2100	12	670	40	1.052	381.644	1.266	204.287	685.073
8141	60.17	13	2300	13.5	670	40	1.052	381.644	1.266	204.287	685.073
8235	55.51	14	2350	13.5	670	45	1.052	381.644	1.266	204.287	685.073
8250	55.35	15	2400	13.5	670	45	1.052	381.644	1.266	204.287	685.073
8329	52.69	18	2600	13.5	670	45	1.052	381.644	1.266	204.287	685.073
8365	51.99	19	2600	14.5	700	50	1.052	416.586	1.444	213.434	747.797
8370	51.57	20	3500	14	850	60	1.052	614.253	2.586	259.170	1102.619
8372	50.98	30	3600	15	850	60	1.052	614.253	2.586	259.170	1102.619
8422	100.00	13	3600	16.5	870	50	1.138	567.043	2.443	245.248	1100.968
8515	100.94	18	3600	16.5	870	50	1.138	567.043	2.443	245.248	1100.968
8610	97.81	16	3600	16.5	860	50	1.138	554.083	2.360	242.429	1075.803
8705	100.91	20	3600	16.5	850	50	1.138	541.272	2.279	239.610	1050.930
8798	95.37	16	3600	16.5	850	50	1.138	541.272	2.279	239.610	1050.930
8892	91.50	20	3650	16.5	850	60	1.138	541.272	2.279	239.610	1050.930
8986	92.33	18	3600	16.5	850	60	1.138	541.272	2.279	239.610	1050.930

9081	88.81	15	3600	16.5	820	60	1.138	503.739	2.046	231.153	978.056
9145	86.69	17	3650	16.5	820	60	1.138	503.739	2.046	231.153	978.056
9175	84.53	17	2600	16	700	45	1.138	367.091	1.273	197.326	712.742
9202	81.91	18	2600	16	700	50	1.138	367.091	1.273	197.326	712.742
9269	72.73	20	3500	16	800	60	1.138	479.466	1.900	225.515	930.928
9364	65.41	20	3600	17	760	60	1.138	432.718	1.629	214.240	840.162
9458	59.62	30	3600	16.5	760	60	1.138	432.718	1.629	214.240	840.162
9551	52.59	20	3550	16.5	765	70	1.138	438.430	1.661	215.649	851.253
9590	51.79	25	3600	16.5	765	70	1.138	438.430	1.661	215.649	851.253
9645	49.57	25	3650	16.5	760	70	1.138	432.718	1.629	214.240	840.162
9739	44.80	30	3700	16.5	760	60	1.138	432.718	1.629	214.240	840.162
9790	42.95	25	3700	16.5	765	60	1.138	438.430	1.661	215.649	851.253
9830	45.28	10	1450	13	450	45	0.778	324.715	1.503	185.587	430.934
9861	40.19	20	1900	13	545	50	0.778	476.289	2.670	224.767	632.090
9878	36.16	15	1850	0	545	0	0.778	476.289	2.670	224.767	632.090
9891	34.43	18	1850	0	550	0	0.778	485.068	2.744	226.829	643.741
9923	36.11	14	1700	16	490	50	0.778	385.008	1.941	202.084	510.949
10017	38.91	12	1750	16	490	50	0.778	385.008	1.941	202.084	510.949
10046	40.96	15	1900	16	490	70	0.778	385.008	1.941	202.084	510.949
10066	32.79	18	1800	0	490	0	0.778	385.008	1.941	202.084	510.949
10111	33.85	20	1950	16	490	65	0.778	385.008	1.941	202.084	510.949
10204	36.05	20	1900	18.5	490	70	0.778	385.008	1.941	202.084	510.949
10298	34.64	20	2050	19	480	50	0.778	369.453	1.824	197.960	490.307
10392	36.48	22	2100	19	480	60	0.778	369.453	1.824	197.960	490.307
10420	37.06	20	2100	19	480	70	0.778	369.453	1.824	197.960	490.307
10485	37.57	20	2100	19	490	70	0.778	385.008	1.941	202.084	510.949
10579	38.49	24	2150	19	490	70	0.778	385.008	1.941	202.084	510.949

ANEXO 5. 5: Parámetros de Perforación Drago Norte 21D

PARAMETROS DE PERFORACION DRAGO NORTE21D												
DEPTH(ft)	ROP (ft/hr)	WOB (klbf)	PUMP (psi)	TORQUE (ft.lb)	FLOWIN (USgal/m)	SURF_R PM(RPM)	TFA (IN2)	APb(PSI)	HSI(HP/I N2)	Vn (PIES/SE)	FI(Lbs)	
322	110.63	4	800	2	600	40	0.958	361.686	0.630	200.956	591.052	
383	192.63	4.5	800	2.75	600	40	0.958	361.686	0.630	200.956	591.052	
413	138.46	4.5	880	2	600	40	0.958	361.686	0.630	200.956	591.052	
443	50.00	7	950	0	600	0	0.958	361.686	0.630	200.956	591.052	
505	186.00	8	1300	4.5	700	50	0.958	492.294	1.000	234.449	804.488	
525	109.09	7	950	0	600	0	0.958	361.686	0.630	200.956	591.052	
597	227.37	8.5	1300	6	600	40	0.958	361.686	0.630	200.956	591.052	
632	63.64	3.5	1200	0	700	0	0.958	492.294	1.000	234.449	804.488	
688	60.00	11	1100	7.5	700	40	0.958	492.294	1.000	234.449	804.488	
705	68.00	19	1200	0	700	0	0.958	492.294	1.000	234.449	804.488	
780	204.55	13.5	1400	5	700	40	0.958	492.294	1.000	234.449	804.488	
795	75.00	15	1300	0	700	0	0.958	492.294	1.000	234.449	804.488	
871	228.00	13.5	1850	5.5	800	50	0.958	642.997	1.493	267.942	1050.760	
886	90.00	11	1700	0	900	0	0.958	813.793	2.126	301.434	1329.868	
963	184.80	12.5	2150	5.5	900	50	0.958	813.793	2.126	301.434	1329.868	
1001	47.50	6.5	2000	0	900	0	0.958	813.793	2.126	301.434	1329.868	
1055	120.00	11	2700	6	1000	50	0.958	1004.683	2.917	334.927	1641.812	
1150	259.09	11	2700	6	1000	50	0.958	1004.683	2.917	334.927	1641.812	
1165	52.94	12.5	2600	0	1000	0	0.958	1004.683	2.917	334.927	1641.812	
1243	156.00	12.5	2800	10.5	1000	50	0.958	1004.683	2.917	334.927	1641.812	
1268	83.33	7.5	2800	0	1000	0	0.958	1004.683	2.917	334.927	1641.812	
1338	140.00	7.5	2850	10.5	1000	50	0.958	1004.683	2.917	334.927	1641.812	
1356	108.00	2.5	2700	0	1000	0	0.958	1004.683	2.917	334.927	1641.812	
1432	207.27	12.5	2900	12.5	1000	50	0.958	1004.683	2.917	334.927	1641.812	
1450	98.18	7.5	2700	0	1000	0	0.958	1004.683	2.917	334.927	1641.812	
1526	198.26	17.5	2900	6.5	1000	50	0.958	1004.683	2.917	334.927	1641.812	
1553	47.65	4	2600	0	1000	0	0.958	1004.683	2.917	334.927	1641.812	
1620	167.50	17.5	2800	6	1000	50	0.958	1004.683	2.917	334.927	1641.812	
1638	63.53	4	2700	0	1000	0	0.958	1004.683	2.917	334.927	1641.812	
1715	177.69	17.5	3000	10.5	1000	50	0.958	1004.683	2.917	334.927	1641.812	
1810	219.23	17.5	3000	9	1000	50	0.958	1004.683	2.917	334.927	1641.812	
1904	208.89	17.5	3100	9	1000	60	0.958	1004.683	2.917	334.927	1641.812	
1998	201.43	17.5	3100	9	1000	60	0.958	1004.683	2.917	334.927	1641.812	
2092	176.25	17.5	3100	9	1000	60	0.958	1004.683	2.917	334.927	1641.812	
2187	228.00	17.5	3200	9	1000	60	0.958	1004.683	2.917	334.927	1641.812	
2281	201.43	17.5	3200	9	1000	60	0.958	1004.683	2.917	334.927	1641.812	
2375	176.25	17.5	3250	9	1000	60	0.958	1004.683	2.917	334.927	1641.812	
2469	216.92	17.5	3250	9	1000	60	0.958	1004.683	2.917	334.927	1641.812	
2562	206.67	17.5	3300	9	1000	60	0.958	1004.683	2.917	334.927	1641.812	
2657	259.09	17.5	3300	9	1000	60	0.958	1004.683	2.917	334.927	1641.812	
2672	34.62	17.5	3100	0	950	0	0.958	906.726	2.501	318.181	1481.735	
2751	237.00	17.5	3350	9	1000	60	0.958	1004.683	2.917	334.927	1641.812	
2845	170.91	17.5	3350	9	1000	60	0.958	1004.683	2.917	334.927	1641.812	
2938	214.62	17.5	3350	10	1000	60	0.958	1004.683	2.917	334.927	1641.812	
2940	24.00	2.5	2850	0	950	0	0.958	906.726	2.501	318.181	1481.735	
2953	7.80	2.5	2900	0	950	0	0.958	906.726	2.501	318.181	1481.735	
3031	234.00	17.5	3300	10	950	60	0.958	906.726	2.501	318.181	1481.735	
3123	102.22	17.5	3300	10.5	950	60	0.958	906.726	2.501	318.181	1481.735	
3218	247.83	17.5	3350	10.5	950	60	0.958	906.726	2.501	318.181	1481.735	
3228	20.69	5	2650	0	900	0	0.958	813.793	2.126	301.434	1329.868	
3312	252.00	12.5	3000	10.5	900	60	0.958	813.793	2.126	301.434	1329.868	
3406	134.29	12.5	3000	10.5	900	60	0.958	813.793	2.126	301.434	1329.868	
3435	26.77	4	2800	0	900	0	0.958	813.793	2.126	301.434	1329.868	
3500	185.71	12.5	3100	10.5	900	60	0.958	813.793	2.126	301.434	1329.868	
3595	142.50	12.5	3100	10.5	900	60	0.958	813.793	2.126	301.434	1329.868	
3689	161.14	17.5	3200	10.5	900	60	0.958	813.793	2.126	301.434	1329.868	
3783	137.56	17.5	3200	12	900	60	0.958	813.793	2.126	301.434	1329.868	
3877	106.42	17.5	3200	10.5	900	60	0.958	813.793	2.126	301.434	1329.868	
3972	161.14	17.5	3400	9	900	60	1.086	679.926	1.777	265.906	1259.565	
3985	13.93	12.5	3300	0	900	0	1.086	679.926	1.777	265.906	1259.565	
4067	104.68	27.5	3400	12	900	60	1.086	679.926	1.777	265.906	1259.565	
4084	60.00	22.5	3200	0	900	0	1.086	679.926	1.777	265.906	1259.565	
4160	134.12	22.5	3400	12	900	60	1.086	679.926	1.777	265.906	1259.565	
4255	139.02	17.5	3400	12	900	60	1.086	679.926	1.777	265.906	1259.565	
4349	156.67	13.5	3400	12	900	60	1.086	679.926	1.777	265.906	1259.565	
4444	154.05	12.5	3400	10.5	900	60	1.086	679.926	1.777	265.906	1259.565	

4452	19.20	3.5	3250	0	900	0	1.086	679.926	1.777	265.906	1259.565
4538	107.50	18.5	3450	12	900	60	1.086	679.926	1.777	265.906	1259.565
4632	125.33	17.5	3450	12	900	50	1.086	679.926	1.777	265.906	1259.565
4647	33.33	7	3150	0	900	0	1.086	679.926	1.777	265.906	1259.565
4726	80.34	11	3450	12	900	50	1.086	679.926	1.777	265.906	1259.565
4746	34.29	7.5	3150	0	900	0	1.086	679.926	1.777	265.906	1259.565
4820	80.73	20	3450	12	900	60	1.086	679.926	1.777	265.906	1259.565
4840	48.00	7	3100	0	900	0	1.086	679.926	1.777	265.906	1259.565
4915	112.50	20	3450	12	850	60	1.086	606.477	1.497	251.134	1123.501
4932	18.21	7.5	3100	0	860	0	1.086	620.831	1.550	254.088	1150.092
5009	105.00	17.5	3450	12	850	60	1.086	606.477	1.497	251.134	1123.501
5029	15.58	6.5	3200	0	880	0	1.086	650.043	1.661	259.997	1204.207
5103	92.50	17.5	3450	12.5	880	60	1.086	650.043	1.661	259.997	1204.207
5118	13.24	7.5	3150	0	900	0	1.086	679.926	1.777	265.906	1259.565
5197	121.54	17.5	3400	12.5	880	60	1.086	650.043	1.661	259.997	1204.207
5205	14.55	3.5	3100	7.5	860	0	1.086	620.831	1.550	254.088	1150.092
5217	16.00	3.5	3100	7.5	860	0	1.086	620.831	1.550	254.088	1150.092
5291	116.84	22.5	3400	14.5	870	60	1.086	635.353	1.605	257.043	1176.994
5312	21.00	3.5	3100	0	870	0	1.086	635.353	1.605	257.043	1176.994
5387	81.82	22.5	3400	14.5	870	60	1.086	635.353	1.605	257.043	1176.994
5406	10.65	3.5	3100	0	870	0	1.086	635.353	1.605	257.043	1176.994
5481	95.74	27.5	3100	14	850	60	1.086	606.477	1.497	251.134	1123.501
5506	11.03	8	3100	0	850	0	1.086	606.477	1.497	251.134	1123.501
5576	95.45	12.5	3400	13.5	850	60	1.086	606.477	1.497	251.134	1123.501
5610	11.15	14	3100	0	850	0	1.086	606.477	1.497	251.134	1123.501
5670	81.82	22.5	3400	13.5	850	60	1.086	606.477	1.497	251.134	1123.501
5708	13.57	10	3100	0	850	0	1.086	606.477	1.497	251.134	1123.501
5764	90.81	22.5	3400	13.5	830	60	1.086	578.273	1.393	245.224	1071.252
5790	9.69	12.5	3100	0	830	0	1.086	578.273	1.393	245.224	1071.252
5859	73.93	35	3300	13.5	850	60	1.086	606.477	1.497	251.134	1123.501
5870	28.70	25	3300	14	830	60	1.086	578.273	1.393	245.224	1071.252
5880	60.00	25	3300	14	830	60	1.086	578.273	1.393	245.224	1071.252
5906	156.00	20	1500	7	600	40	1.052	312.567	0.929	183.000	560.902
5941	26.92	20	1500	0	600	0	1.052	312.567	0.929	183.000	560.902
5949	120.00	20	2100	8	750	60	1.052	488.385	1.814	228.750	876.410
6014	108.33	22	2150	8.5	750	50	1.052	488.385	1.814	228.750	876.410
6044	25.71	20	2050	0	750	0	1.052	488.385	1.814	228.750	876.410
6112	88.70	22	2600	9.5	850	55	1.052	627.304	2.641	259.250	1125.700
6127	16.36	18	2500	0	850	0	1.052	627.304	2.641	259.250	1125.700
6138	73.33	20	2600	11	850	55	1.052	627.304	2.641	259.250	1125.700
6233	118.75	21	2700	10	850	55	1.052	627.304	2.641	259.250	1125.700
6258	33.33	15	2500	0	850	0	1.052	627.304	2.641	259.250	1125.700
6327	94.09	22	2800	10.5	850	55	1.052	627.304	2.641	259.250	1125.700
6421	134.29	22	2800	10.5	850	55	1.052	627.304	2.641	259.250	1125.700
6515	106.42	22	2900	11.5	850	50	1.052	627.304	2.641	259.250	1125.700
6610	142.50	23.5	3000	10	850	65	1.052	627.304	2.641	259.250	1125.700
6620	12.00	19	2750	0	850	0	1.052	627.304	2.641	259.250	1125.700
6704	84.00	23.5	3000	10	850	45	1.052	627.304	2.641	259.250	1125.700
6798	110.59	23.5	3000	12.5	850	45	1.052	627.304	2.641	259.250	1125.700
6893	44.88	8.5	2000	10	650	45	1.052	366.832	1.181	198.250	658.281
6987	41.17	8.5	2000	9.5	650	45	1.052	366.832	1.181	198.250	658.281
7081	100.71	22	3200	13.5	850	50	1.052	627.304	2.641	259.250	1125.700
7174	80.87	23	3100	12.5	850	45	1.052	627.304	2.641	259.250	1125.700
7267	78.59	26	3200	13.5	850	55	1.052	627.304	2.641	259.250	1125.700
7360	79.71	25	3300	12	850	45	1.052	627.304	2.641	259.250	1125.700
7455	69.51	28	3300	13	850	45	1.052	627.304	2.641	259.250	1125.700
7549	88.13	30	3350	13.5	850	45	1.052	627.304	2.641	259.250	1125.700
7645	83.48	29	3300	13.5	850	45	1.052	627.304	2.641	259.250	1125.700
7739	69.63	30	3300	14	850	45	1.052	627.304	2.641	259.250	1125.700
7833	70.50	27	3400	14	850	45	1.052	627.304	2.641	259.250	1125.700
7927	31.51	10	2200	12.5	650	40	1.052	366.832	1.181	198.250	658.281
8020	29.37	10	2250	13.5	650	40	1.052	366.832	1.181	198.250	658.281
8105	28.49	10	2400	14.5	650	40	1.052	366.832	1.181	198.250	658.281
8114	15.43	10	2400	13.5	650	40	1.052	366.832	1.181	198.250	658.281
8209	33.53	8.5	2400	14.5	650	40	1.052	366.832	1.181	198.250	658.281
8303	28.20	11	2400	15.5	650	40	1.052	366.832	1.181	198.250	658.281
8398	48.31	32	2450	15.5	780	40	1.052	528.237	2.041	237.900	947.925
8492	62.67	32.5	3550	16	780	55	1.052	528.237	2.041	237.900	947.925
8587	63.33	32.5	3500	16	765	60	1.052	508.116	1.925	233.325	911.817
8640	55.79	33.5	3500	16	760	40	1.052	501.496	1.888	231.800	899.937

8681	55.91	32.5	3500	16.5	760	40	1.052	501.496	1.888	231.800	899.937
8775	43.72	32.5	3500	16.5	740	40	1.052	475.448	1.743	225.700	853.195
8870	46.34	32.5	3500	16	740	40	1.052	475.448	1.743	225.700	853.195
8964	60.65	27.5	3400	16.5	780	50	1.052	528.237	2.041	237.900	947.925
9058	64.83	27.5	3450	16.5	780	60	1.052	528.237	2.041	237.900	947.925
9152	34.18	22.5	2600	17	650	50	1.052	366.832	1.181	198.250	658.281
9246	33.18	27.5	3400	17.5	760	50	1.052	501.496	1.888	231.800	899.937
9340	22.20	32.5	3400	16.5	750	55	1.052	488.385	1.814	228.750	876.410
9370	17.14	42.5	3400	16.5	730	55	1.052	462.685	1.673	222.650	830.291
9403	16.50	42.5	3400	16.5	730	50	1.052	462.685	1.673	222.650	830.291
9435	43.64	21	3500	20	750	50	1.167	408.900	1.519	206.208	813.986
9528	45.00	21	3500	20	740	50	1.167	398.069	1.459	203.459	792.425
9622	50.81	20	3500	20	725	50	1.167	382.094	1.372	199.335	760.625
9707	51.00	22	3500	20	720	50	1.167	376.842	1.344	197.960	750.170
9801	55.29	21.5	1600	16	400	50	0.778	233.474	0.961	164.967	309.847
9895	72.31	20	1650	16	400	70	0.778	233.474	0.961	164.967	309.847
9989	52.22	20	1650	17.5	400	60	0.778	233.474	0.961	164.967	309.847
10074	48.57	22.5	1700	18	400	70	0.778	233.474	0.961	164.967	309.847
10084	40.00	22.5	1700	18	400	60	0.778	233.474	0.961	164.967	309.847
10271	30.92	22.5	1800	16	400	70	0.778	233.474	0.961	164.967	309.847
10365	38.90	20	1800	16.5	400	70	0.778	233.474	0.961	164.967	309.847
10459	45.85	20	1800	17.5	400	60	0.778	233.474	0.961	164.967	309.847
10535	68.06	18.5	1900	18	400	70	0.778	233.474	0.961	164.967	309.847

ANEXO 5. 6: Parámetros de Perforación Drago Norte 25D

PARAMETROS DE PERFORACION DRAGO NORTE 25D											
DEPTH(ft)	ROP (ft/hr)	WOB (klbf)	PUMP (psi)	TORQUE (ft.lb)	FLOWIN (USgal/m)	SURF_R PM(RPM)	TFA (IN2)	APb(Psi)	HSI(HP/I N2)	Vn (PIES/SE)	FI(Lbs)
322	12.50	5	750	1.5	550	60	0.714	495.295	0.791	247.161	603.241
413	12.50	5	850	1.5	550	60	0.714	495.295	0.791	247.161	603.241
443	40.91	5	800	0	600	0	0.863	459.773	0.801	223.078	676.835
504	183.00	10	1150	4.5	600	40	0.863	459.773	0.801	223.078	676.835
510	24.00	10	1000	0	600	0	0.863	459.773	0.801	223.078	676.835
525	45.00	10	1050	0	600	0	0.863	459.773	0.801	223.078	676.835
595	210.00	15	1350	4.5	600	40	0.863	459.773	0.801	223.078	676.835
687	190.34	10	1300	4.5	600	40	0.863	459.773	0.801	223.078	676.835
703	64.00	10	1600	0	700	0	0.863	625.802	1.272	260.257	921.248
778	187.50	20	1650	5	700	40	0.863	625.802	1.272	260.257	921.248
793	56.25	10	1600	0	700	0	0.863	625.802	1.272	260.257	921.248
870	220.00	15	1750	5	700	40	0.863	625.802	1.272	260.257	921.248
885	56.25	10	2000	0	800	0	0.863	817.374	1.898	297.437	1203.263
962	355.38	20	2100	4.5	800	40	0.863	817.374	1.898	297.437	1203.263
982	85.71	10	2150	0	800	0	0.863	817.374	1.898	297.437	1203.263
1054	270.00	15	2300	5	800	40	0.863	817.374	1.898	297.437	1203.263
1069	128.57	10	2400	0	900	0	0.863	1034.489	2.703	334.616	1522.880
1147	360.00	20	2700	6	900	40	0.863	1034.489	2.703	334.616	1522.880
1241	235.00	20	2600	6	900	40	0.863	1034.489	2.703	334.616	1522.880
1336	285.00	25	2800	7.5	900	40	0.863	1034.489	2.703	334.616	1522.880
1347	82.50	10	2650	0	950	0	0.863	1152.625	3.179	353.206	1696.789
1430	207.50	20	2850	6	950	40	0.863	1152.625	3.179	353.206	1696.789
1445	112.50	10	2600	0	950	0	0.863	1152.625	3.179	353.206	1696.789
1524	206.09	25	2900	6.5	950	40	0.863	1152.625	3.179	353.206	1696.789
1539	90.00	15	2650	0	950	0	0.863	1152.625	3.179	353.206	1696.789
1618	182.31	25	3000	6	950	40	0.863	1152.625	3.179	353.206	1696.789
1638	66.67	15	2950	0	950	0	0.863	1152.625	3.179	353.206	1696.789
1713	225.00	20	3000	6.5	950	40	0.863	1152.625	3.179	353.206	1696.789
1807	225.60	15	3000	9	950	40	0.863	1152.625	3.179	353.206	1696.789
1901	165.88	30	2750	6	950	60	0.863	1152.625	3.179	353.206	1696.789
1996	183.87	30	3000	6	950	60	0.863	1152.625	3.179	353.206	1696.789
2011	52.94	15	2850	0	950	0	0.863	1152.625	3.179	353.206	1696.789
2090	197.50	25	3000	6	950	60	0.863	1152.625	3.179	353.206	1696.789
2184	201.43	30	3100	6	950	60	0.863	1152.625	3.179	353.206	1696.789
2278	176.25	25	3150	7.5	950	60	0.863	1152.625	3.179	353.206	1696.789
2345	211.58	30	3150	7.5	950	60	0.863	1152.625	3.179	353.206	1696.789
2371	45.88	15	3000	0	950	0	0.863	1152.625	3.179	353.206	1696.789
2466	211.11	30	3200	9	950	60	0.863	1152.625	3.179	353.206	1696.789
2490	48.00	15	3000	0	950	0	0.863	1152.625	3.179	353.206	1696.789
2561	163.85	25	3150	9	950	60	0.863	1152.625	3.179	353.206	1696.789
2656	190.00	30	3150	9	950	60	0.863	1152.625	3.179	353.206	1696.789
2750	176.25	25	3200	8	950	60	0.863	1152.625	3.179	353.206	1696.789
2844	188.00	25	3250	8	950	60	0.863	1152.625	3.179	353.206	1696.789
2864	52.17	15	3150	0	950	0	0.863	1152.625	3.179	353.206	1696.789
2938	177.60	25	3300	9	950	60	0.863	1152.625	3.179	353.206	1696.789
3032	181.94	30	3350	9	950	60	0.863	1152.625	3.179	353.206	1696.789
3047	30.00	15	3150	0	950	0	0.863	1152.625	3.179	353.206	1696.789
3126	152.90	25	3300	9	950	60	0.863	1152.625	3.179	353.206	1696.789
3220	181.94	30	3450	9	950	60	0.863	1152.625	3.179	353.206	1696.789
3314	170.91	25	3300	9	950	60	0.863	1152.625	3.179	353.206	1696.789
3336	33.00	20	3200	0	950	0	0.863	1152.625	3.179	353.206	1696.789
3409	168.46	25	3400	7.5	950	60	0.863	1152.625	3.179	353.206	1696.789
3503	170.91	25	3400	9	950	60	0.863	1152.625	3.179	353.206	1696.789
3597	194.48	30	3400	8	950	60	0.863	1152.625	3.179	353.206	1696.789
3692	158.33	25	3400	7.5	940	60	0.863	1128.487	3.080	349.488	1661.255
3786	161.14	30	3400	9	940	60	0.863	1128.487	3.080	349.488	1661.255
3811	50.00	20	3350	0	930	0	0.863	1104.604	2.982	345.770	1626.097
3880	180.00	30	3500	9	930	60	0.863	1104.604	2.982	345.770	1626.097
3974	188.00	30	3500	10.5	930	60	0.863	1104.604	2.982	345.770	1626.097
4068	170.91	25	3550	10.5	910	60	0.863	1057.605	2.794	338.334	1556.909
4162	176.25	25	3500	10.5	910	60	0.863	1057.605	2.794	338.334	1556.909
4187	37.50	25	3300	0	910	0	0.863	1057.605	2.794	338.334	1556.909
4255	140.69	35	3550	13.5	910	60	0.863	1057.605	2.794	338.334	1556.909
4349	161.14	35	3550	9	900	60	0.863	1034.489	2.703	334.616	1522.880
4374	25.86	25	3300	0	900	0	0.863	1034.489	2.703	334.616	1522.880
4442	185.45	35	3550	12	900	60	0.863	1034.489	2.703	334.616	1522.880

4467	48.39	15	3250	0	915	0	1.086	702.779	1.867	270.338	1301.901
4535	177.39	30	3500	12	915	40	1.086	702.779	1.867	270.338	1301.901
4555	26.09	15	3250	0	915	0	1.086	702.779	1.867	270.338	1301.901
4630	187.50	30	3500	12	915	40	1.086	702.779	1.867	270.338	1301.901
4645	23.08	20	3250	0	915	0	1.086	702.779	1.867	270.338	1301.901
4724	189.60	35	3550	10.5	915	40	1.086	702.779	1.867	270.338	1301.901
4739	28.12	20	3250	0	910	0	1.086	695.120	1.836	268.861	1287.711
4818	143.64	35	3500	10.5	910	40	1.086	695.120	1.836	268.861	1287.711
4833	23.08	25	3250	0	910	0	1.086	695.120	1.836	268.861	1287.711
4912	163.45	35	3550	10.5	910	40	1.086	695.120	1.836	268.861	1287.711
4932	26.67	25	3300	0	900	0	1.086	679.926	1.777	265.906	1259.565
5005	146.00	35	3500	12	900	40	1.086	679.926	1.777	265.906	1259.565
5099	152.43	35	3550	12	900	40	1.086	679.926	1.777	265.906	1259.565
5193	148.42	40	3550	12	900	50	1.086	679.926	1.777	265.906	1259.565
5287	144.62	40	3550	12	890	50	1.086	664.901	1.718	262.952	1231.730
5381	131.16	40	3550	12.5	890	40	1.086	664.901	1.718	262.952	1231.730
5406	25.00	20	3200	0	880	0	1.086	650.043	1.661	259.997	1204.207
5475	125.45	35	3500	12.5	880	40	1.086	650.043	1.661	259.997	1204.207
5505	27.27	25	3300	0	880	0	1.086	650.043	1.661	259.997	1204.207
5569	101.05	40	3550	12	880	40	1.086	650.043	1.661	259.997	1204.207
5600	22.14	25	3300	0	880	0	1.086	650.043	1.661	259.997	1204.207
5663	54.78	20	3400	4.5	880	40	1.086	650.043	1.661	259.997	1204.207
5689	28.89	20	3300	0	880	0	1.086	618.178	2.694	259.997	1145.177
5752	126.00	10	1200	7.5	650	40	1.078	342.292	1.102	193.468	629.426
5847	121.28	15	1600	7.5	800	70	1.078	518.502	2.054	238.115	953.451
5942	142.50	20	1650	7.5	750	70	1.078	455.715	1.693	223.233	837.994
6036	141.00	20	1600	9	750	70	1.078	455.715	1.693	223.233	837.994
6130	141.00	25	1650	9	750	70	1.078	455.715	1.693	223.233	837.994
6225	107.55	20	1800	10.5	850	70	1.078	585.340	2.464	252.997	1076.356
6319	110.59	25	1800	10.5	850	70	1.078	585.340	2.464	252.997	1076.356
6411	128.37	20	2000	10.5	850	70	1.078	585.340	2.464	252.997	1076.356
6504	116.25	25	2000	10.5	850	70	1.078	585.340	2.464	252.997	1076.356
6597	99.64	25	1450	10.5	850	70	1.078	585.340	2.464	252.997	1076.356
6691	40.29	5	1200	8.5	650	45	1.078	342.292	1.102	193.468	629.426
6784	56.36	10	1200	9	650	45	1.078	342.292	1.102	193.468	629.426
6879	86.36	25	2000	9	800	70	1.078	518.502	2.054	238.115	953.451
6972	70.63	25	2200	9	900	70	1.078	656.229	2.925	267.879	1206.711
7067	77.03	25	2250	10.5	900	70	1.078	656.229	2.925	267.879	1206.711
7161	75.20	30	2050	10.5	900	70	1.078	656.229	2.925	267.879	1206.711
7255	59.37	35	3000	9.5	900	70	1.078	656.229	2.925	267.879	1206.711
7349	68.78	35	2950	10.5	900	70	1.078	656.229	2.925	267.879	1206.711
7444	56.44	40	3000	10.5	900	70	1.078	656.229	2.925	267.879	1206.711
7538	58.14	40	3100	10.5	900	70	1.078	656.229	2.925	267.879	1206.711
7605	40.20	25	1700	10	600	40	1.078	291.657	0.867	178.586	536.316
7632	29.45	10	1800	10.5	600	40	1.078	291.657	0.867	178.586	536.316
7726	31.51	15	1800	10.5	600	40	1.078	291.657	0.867	178.586	536.316
7819	33.82	10	2000	10.5	600	40	1.078	291.657	0.867	178.586	536.316
7913	33.18	10	2100	11.5	600	40	1.078	291.657	0.867	178.586	536.316
8008	28.79	15	2000	13.5	600	40	1.078	291.657	0.867	178.586	536.316
8092	19.38	35	2000	14	600	40	1.078	291.657	0.867	178.586	536.316
8156	36.57	10	2000	13.5	600	45	1.179	248.855	0.740	163.288	500.483
8251	80.28	25	3550	18.5	800	60	1.179	442.409	1.753	217.717	889.747
8286	23.33	20	3500	0	800	0	1.179	442.409	1.753	217.717	889.747
8345	45.97	25	3350	14	800	60	1.179	442.409	1.753	217.717	889.747
8439	56.40	25	3550	14	770	60	1.179	409.850	1.563	209.552	824.267
8533	76.22	25	3500	13.5	670	60	1.179	310.308	1.030	182.338	624.074
8627	67.95	30	3550	14	750	60	1.179	388.836	1.444	204.109	782.004
8722	80.28	30	3550	14	700	60	1.179	338.719	1.174	190.502	681.213
8817	75.00	30	3550	14	700	60	1.179	338.719	1.174	190.502	681.213
8910	64.14	20	3550	13.5	680	60	1.179	319.640	1.077	185.059	642.842
8940	30.00	25	3150	15	750	60	1.179	388.836	1.444	204.109	782.004
9004	27.43	25	3200	15	750	60	1.179	388.836	1.444	204.109	782.004
9098	18.49	25	3400	17	750	60	1.179	388.836	1.444	204.109	782.004
9168	16.03	20	3400	17	740	60	1.179	378.536	1.387	201.388	761.290
9192	68.57	20	3500	13.5	770	70	1.208	398.295	1.519	204.522	820.732
9286	52.71	25	3450	13.5	690	70	1.208	319.832	1.093	183.273	659.049
9380	56.97	15	3500	11	550	70	1.208	203.212	0.554	146.087	418.741
9474	64.83	20	3500	11.5	550	70	1.208	203.212	0.554	146.087	418.741
9515	53.48	20	3550	12	550	70	1.208	203.212	0.554	146.087	418.741
9603	78.81	15	1300	12	400	60	0.778	233.474	0.961	164.967	309.847

9697	94.00	20	1500	12.5	400	70	0.778	233.474	0.961	164.967	309.847
9791	49.91	25	1500	12	400	70	0.778	233.474	0.961	164.967	309.847
9885	51.74	25	2000	9	400	60	0.778	233.474	0.961	164.967	309.847
9979	49.04	20	2000	9.5	400	60	0.778	233.474	0.961	164.967	309.847
10072	40.73	20	2000	10.5	400	60	0.778	233.474	0.961	164.967	309.847
10166	20.89	25	1600	12	400	60	0.778	233.474	0.961	164.967	309.847
10260	31.33	25	2000	10.5	400	60	0.778	233.474	0.961	164.967	309.847
10265	50.00	15	2000	7.5	400	60	0.778	233.474	0.961	164.967	309.847

ANEXO 5. 7: Parámetros de Perforación Drago Norte 29D

PARAMETROS DE PERFORACION DRAGO NORTE 29D											
DEPTH(ft)	ROP (ft/hr)	WOB (klbf)	PUMP (psi)	TORQUE (ft.lb)	FLOWIN (USgal/m)	SURF_R PM(RPM)	TFA (IN2)	APb(Psi)	HSI(HP/I N2)	Vn (PIES/SE)	FI(Lbs)
300	66.67	2	500	2	500	40	1.086	209.854	0.305	147.726	388.755
323	41.82	5	500	0	500	0	1.086	209.854	0.305	147.726	388.755
333	46.15	5	500	0	500	0	1.086	209.854	0.305	147.726	388.755
415	189.23	10	700	4.5	500	40	1.086	209.854	0.305	147.726	388.755
506	176.13	10	850	4.5	550	50	1.086	253.923	0.405	162.498	470.393
521	42.86	5	800	0	600	0	1.086	302.189	0.526	177.271	559.807
599	195.00	10	900	4.5	600	50	1.086	302.189	0.526	177.271	559.807
613	49.41	5	800	0	600	0	1.086	302.189	0.526	177.271	559.807
691	141.82	10	1050	4.5	700	50	1.086	411.313	0.836	206.816	761.959
703	60.00	5	1550	0	850	0	1.086	606.477	1.497	251.134	1123.501
782	215.45	15	1700	4.5	850	50	1.086	606.477	1.497	251.134	1123.501
796	46.67	5	1700	0	900	0	1.086	679.926	1.777	265.906	1259.565
873	256.67	15	1950	4.5	900	50	1.086	679.926	1.777	265.906	1259.565
965	167.27	15	2250	4.5	950	50	1.086	757.572	2.089	280.679	1403.404
1057	324.71	15	2400	4.5	950	50	1.086	757.572	2.089	280.679	1403.404
1151	313.33	15	2400	4.5	950	50	1.086	757.572	2.089	280.679	1403.404
1174	81.18	10	2200	0	950	0	1.086	757.572	2.089	280.679	1403.404
1246	392.73	15	2400	4.5	950	50	1.086	757.572	2.089	280.679	1403.404
1269	81.18	10	2200	0	950	0	1.086	757.572	2.089	280.679	1403.404
1340	266.25	15	2400	4.5	950	50	1.086	757.572	2.089	280.679	1403.404
1360	92.31	10	2300	0	950	0	1.086	757.572	2.089	280.679	1403.404
1435	300.00	18	2500	7.5	950	50	1.086	757.572	2.089	280.679	1403.404
1450	90.00	10	2300	0	950	0	1.086	757.572	2.089	280.679	1403.404
1530	342.86	20	2600	7.5	950	50	1.086	757.572	2.089	280.679	1403.404
1545	50.00	10	2350	0	950	0	1.086	757.572	2.089	280.679	1403.404
1624	338.57	20	2550	7.5	950	50	1.086	757.572	2.089	280.679	1403.404
1644	85.71	10	2400	0	950	0	1.086	757.572	2.089	280.679	1403.404
1719	180.00	20	2600	7.5	950	50	1.086	757.572	2.089	280.679	1403.404
1734	47.37	10	2450	0	950	0	1.086	757.572	2.089	280.679	1403.404
1813	249.47	20	2650	8	950	50	1.086	757.572	2.089	280.679	1403.404
1908	259.09	18	2700	7.5	950	50	1.086	757.572	2.089	280.679	1403.404
2003	237.50	18	2750	7.5	950	50	1.086	757.572	2.089	280.679	1403.404
2098	219.23	20	2700	7.5	950	50	1.086	757.572	2.089	280.679	1403.404
2193	167.65	20	2800	7.5	950	50	1.086	757.572	2.089	280.679	1403.404
2287	216.92	20	2900	7.5	950	50	1.086	757.572	2.089	280.679	1403.404
2307	75.00	10	2750	0	950	0	1.086	757.572	2.089	280.679	1403.404
2382	145.16	20	2900	7.5	950	50	1.086	757.572	2.089	280.679	1403.404
2476	235.00	22	3050	8	950	50	1.086	757.572	2.089	280.679	1403.404
2571	237.50	22	3100	7.5	950	50	1.086	757.572	2.089	280.679	1403.404
2666	219.23	22	3150	8	950	50	1.086	757.572	2.089	280.679	1403.404
2761	237.50	24	3150	7.5	950	50	1.086	757.572	2.089	280.679	1403.404
2766	100.00	24	3100	7.5	950	50	1.086	757.572	2.089	280.679	1403.404
2786	42.86	10	3000	0	950	0	1.086	757.572	2.089	280.679	1403.404
2855	217.89	22	3100	10.5	950	65	1.086	757.572	2.089	280.679	1403.404
2950	167.65	20	3200	10.5	950	65	1.086	757.572	2.089	280.679	1403.404
3045	228.00	22	3350	10.5	950	65	1.086	757.572	2.089	280.679	1403.404
3140	271.43	24	3350	10.5	950	65	1.086	757.572	2.089	280.679	1403.404
3160	40.00	10	3150	0	950	0	1.086	757.572	2.089	280.679	1403.404
3234	193.04	24	3350	10.5	950	65	1.086	757.572	2.089	280.679	1403.404
3329	219.23	24	3350	10.5	950	65	1.086	757.572	2.089	280.679	1403.404
3424	154.05	24	3350	10.5	950	65	1.086	757.572	2.089	280.679	1403.404
3518	188.00	24	3550	9.5	950	65	1.086	757.572	2.089	280.679	1403.404
3613	228.00	25	3500	10.5	950	65	1.086	757.572	2.089	280.679	1403.404
3707	181.94	25	3500	8	950	65	1.086	757.572	2.089	280.679	1403.404
3729	88.00	15	3400	0	950	0	1.086	757.572	2.089	280.679	1403.404
3802	190.43	24	3500	9	950	65	1.086	757.572	2.089	280.679	1403.404
3896	216.92	25	3550	9	950	65	1.086	757.572	2.089	280.679	1403.404
3918	41.25	20	3300	0	950	0	1.086	757.572	2.089	280.679	1403.404
3991	199.09	25	3550	8	950	65	1.086	757.572	2.089	280.679	1403.404
4085	170.91	28	3500	8	930	65	1.086	726.010	1.960	274.770	1344.936
4180	203.57	28	3500	9	930	65	1.086	726.010	1.960	274.770	1344.936
4274	170.91	28	3500	9	930	65	1.086	726.010	1.960	274.770	1344.936
4288	38.18	20	3300	0	930	0	1.086	726.010	1.960	274.770	1344.936
4369	173.57	30	3500	9	930	65	1.086	726.010	1.960	274.770	1344.936
4463	176.25	30	3500	8	925	65	1.086	718.225	1.929	273.292	1330.513
4558	228.00	30	3500	8	915	65	1.086	702.779	1.867	270.338	1301.901

4576	30.00	20	3350	0	915	0	1.086	702.779	1.867	270.338	1301.901
4653	192.50	30	3500	8	915	65	1.086	702.779	1.867	270.338	1301.901
4665	26.67	10	3300	0	940	0	1.086	741.707	2.024	277.724	1374.015
4747	182.22	30	3550	9	940	65	1.086	741.707	2.024	277.724	1374.015
4842	203.57	35	3550	9	940	65	1.086	741.707	2.024	277.724	1374.015
4860	22.04	10	3300	0	930	0	1.086	726.010	1.960	274.770	1344.936
4936	198.26	35	3500	9.5	930	65	1.086	726.010	1.960	274.770	1344.936
5031	203.57	35	3550	9.5	930	65	1.086	726.010	1.960	274.770	1344.936
5126	203.57	35	3550	10	930	65	1.086	726.010	1.960	274.770	1344.936
5220	170.91	35	3550	10	930	65	1.086	726.010	1.960	274.770	1344.936
5315	135.71	35	3550	10	930	65	1.086	726.010	1.960	274.770	1344.936
5410	139.02	35	3550	9.5	930	65	1.086	726.010	1.960	274.770	1344.936
5430	120.00	35	3500	10	930	65	1.086	726.010	1.960	274.770	1344.936
5448	25.12	25	3300	0	930	0	1.086	726.010	1.960	274.770	1344.936
5505	171.00	35	3500	10	930	65	1.086	726.010	1.960	274.770	1344.936
5599	156.67	40	3550	10.5	920	65	1.086	710.481	1.898	271.815	1316.168
5694	142.50	40	3500	12	910	65	1.086	695.120	1.836	268.861	1287.711
5789	80.28	30	3500	12	890	65	1.086	664.901	1.718	262.952	1231.730
5813	65.45	25	3500	9	885	65	1.086	657.451	1.689	261.474	1217.930
5851	142.50	10	1500	7	750	40	1.052	458.786	1.704	228.750	823.294
5946	96.61	12	1500	7.5	750	65	1.052	458.786	1.704	228.750	823.294
6040	104.44	15	1400	8	650	65	1.052	344.599	1.109	198.250	618.385
6135	98.28	15	1600	8	750	65	1.052	458.786	1.704	228.750	823.294
6166	103.33	15	1700	8	750	65	1.052	483.452	1.796	228.750	867.557
6229	65.17	15	1500	8	700	65	1.052	421.140	1.460	213.500	755.739
6324	93.44	18	2200	9	850	50	1.052	620.967	2.614	259.250	1114.329
6419	91.94	20	2200	9.5	850	40	1.052	620.967	2.614	259.250	1114.329
6480	77.87	20	2200	8	850	50	1.052	620.967	2.614	259.250	1114.329
6496	6.40	10	1650	0	750	0	1.052	483.452	1.796	228.750	867.557
6514	108.00	18	2500	7.5	850	40	1.052	620.967	2.614	259.250	1114.329
6608	88.12	18	2500	7.5	850	40	1.052	620.967	2.614	259.250	1114.329
6617	8.06	10	2100	0	800	0	1.052	550.061	2.179	244.000	987.087
6625	12.31	10	2100	0	800	0	1.052	550.061	2.179	244.000	987.087
6703	97.50	20	2500	7.5	850	40	1.052	620.967	2.614	259.250	1114.329
6733	14.40	10	2100	0	800	0	1.052	550.061	2.179	244.000	987.087
6797	76.80	20	2400	7.5	800	40	1.052	550.061	2.179	244.000	987.087
6827	28.57	10	2100	0	800	0	1.052	550.061	2.179	244.000	987.087
6892	39.39	7.5	1500	4.5	600	40	1.052	309.409	0.919	183.000	555.237
6987	45.24	7.5	1400	5.5	600	40	1.052	309.409	0.919	183.000	555.237
7081	82.94	25	2400	6	850	40	1.052	620.967	2.614	259.250	1114.329
7095	24.00	20	2200	0	800	0	1.052	550.061	2.179	244.000	987.087
7176	60.75	25	2700	8	850	65	1.052	620.967	2.614	259.250	1114.329
7270	82.94	30	2800	7	850	65	1.052	620.967	2.614	259.250	1114.329
7293	28.16	20	2500	0	850	0	1.052	620.967	2.614	259.250	1114.329
7364	62.65	30	2800	7	850	65	1.052	620.967	2.614	259.250	1114.329
7459	70.37	30	2900	7.5	850	65	1.052	620.967	2.614	259.250	1114.329
7484	15.79	20	2600	0	850	0	1.052	620.967	2.614	259.250	1114.329
7553	60.88	30	3000	7.5	850	65	1.052	620.967	2.614	259.250	1114.329
7647	49.47	30	3000	8	850	65	1.052	620.967	2.614	259.250	1114.329
7742	57.00	30	3200	7.5	850	65	1.052	620.967	2.614	259.250	1114.329
7837	61.29	30	3150	8	850	65	1.052	620.967	2.614	259.250	1114.329
7931	20.89	5	2000	7	600	45	1.052	309.409	0.919	183.000	555.237
8026	25.00	10	2000	8	600	50	1.052	309.409	0.919	183.000	555.237
8080	20.25	5	2000	8	600	45	1.052	309.409	0.919	183.000	555.237
8121	33.24	10	2000	8	600	50	1.052	309.409	0.919	183.000	555.237
8215	25.99	5	2000	8	600	45	1.052	309.409	0.919	183.000	555.237
8310	27.14	10	2000	9	600	50	1.052	309.409	0.919	183.000	555.237
8404	20.74	5	2000	10.5	600	45	1.052	309.409	0.919	183.000	555.237
8467	27.59	40	3400	9	830	50	1.052	592.089	2.434	253.150	1062.507
8490	12.55	40	3300	0	800	0	1.052	550.061	2.179	244.000	987.087
8499	41.54	40	3400	9	830	50	1.052	592.089	2.434	253.150	1062.507
8563	25.60	40	3400	8.5	830	50	1.052	592.089	2.434	253.150	1062.507
8593	11.61	40	2900	0	750	0	1.052	483.452	1.796	228.750	867.557
8598	60.00	25	3400	13.5	780	50	1.086	495.680	1.915	230.452	918.248
8604	14.40	25	3200	0	780	0	1.086	495.680	1.915	230.452	918.248
8652	66.98	30	3500	13.5	780	50	1.086	495.680	1.915	230.452	918.248
8676	20.57	25	3200	0	780	0	1.086	495.680	1.915	230.452	918.248
8684	96.00	30	3400	13.5	780	50	1.086	495.680	1.915	230.452	918.248
8747	99.47	30	3500	13.5	750	50	1.086	458.284	1.702	221.588	848.972
8768	4.34	25	3100	0	750	0	1.086	458.284	1.702	221.588	848.972

8779	20.63	30	3250	13.5	750	50	1.086	458.284	1.702	221.588	848.972
8800	5.73	30	3100	0	750	0	1.086	458.284	1.702	221.588	848.972
8845	42.19	35	3300	12.5	750	50	1.086	458.284	1.702	221.588	848.972
8873	11.20	30	3100	0	750	0	1.086	458.284	1.702	221.588	848.972
8967	49.47	40	3250	9.5	700	40	1.086	399.216	1.384	206.816	739.549
9062	29.23	40	3500	10	630	40	1.086	323.365	1.009	186.134	599.034
9156	50.36	20	3400	10.5	750	40	1.086	462.913	1.720	221.588	857.547
9203	70.50	20	3400	10.5	730	40	1.086	438.553	1.586	215.679	812.421
9251	80.00	25	3400	10.5	730	40	1.086	438.553	1.586	215.679	812.421
9345	25.29	20	3400	15.66667	720	40	1.086	426.620	1.521	212.725	790.315
9396	8.16	20	3400	15.66667	720	60	1.086	426.620	1.521	212.725	790.315
9442	34.07	25	3300	12	730	50	1.178	372.728	1.348	198.835	748.972
9536	16.35	30	3300	13.5	750	60	1.178	393.431	1.461	204.283	790.574
9544	48.00	20	3300	16.66667	750	60	1.178	393.431	1.461	204.283	790.574
9631	9.24	14	3450	18.66667	700	70	1.178	342.722	1.188	190.664	688.678
9656	9.62	16	3400	20.5	700	70	1.178	342.722	1.188	190.664	688.678
9748	84.92	15	1400	14	400	40	0.796	220.583	0.908	161.236	299.512
9766	14.40	10	1150	0	400	0	0.796	220.583	0.908	161.236	299.512
9842	65.14	20	1400	14	400	40	0.796	220.583	0.908	161.236	299.512
9937	63.33	22	1550	14	400	40	0.796	220.583	0.908	161.236	299.512
10032	51.82	24	1600	15	400	40	0.796	220.583	0.908	161.236	299.512
10221	61.79	18	1800	15	400	40	0.778	230.908	0.950	164.967	306.442
10275	42.63	22	1800	15	400	40	0.778	230.908	0.950	164.967	306.442
10505	59.33	20	2000	15	400	40	0.778	230.908	0.950	164.967	306.442
10599	77.26	18	2000	15.5	400	40	0.778	230.908	0.950	164.967	306.442
10692	77.50	16	2000	16.5	400	40	0.778	230.908	0.950	164.967	306.442
10730	63.33	15	2000	16.5	400	40	0.778	230.908	0.950	164.967	306.442

ANEXO 5. 8: Parámetros de perforación Drago Norte 23D

PARAMETROS DE PERFORACION DRAGO NORTE 23D											
DEPTH(ft)	ROP (ft/hr)	WOB (klbf)	PUMP (psi)	TORQUE (ft. lb)	FLOWIN (USgal/m)	SURF_R PM(RPM)	TFA (IN2)	APb(Psi)	HSI(HP/I N2)	Vn (PIES/SE)	FI(Lbs)
321	108.00	5	500	2	500	40	1.086	209.854	0.305	147.726	388.755
412	130.00	5	550	2	500	40	1.086	209.854	0.305	147.726	388.755
475	189.00	10	550	3.5	500	60	1.086	209.854	0.305	147.726	388.755
490	52.94	5	500	0	500	0	1.086	209.854	0.305	147.726	388.755
504	140.00	10	900	3.5	600	50	1.086	302.189	0.526	177.271	559.807
597	169.09	10	900	3.5	600	50	1.086	302.189	0.526	177.271	559.807
627	81.82	5	800	0	650	0	1.086	354.653	0.669	192.043	656.995
688	203.33	10	1000	4	650	50	1.086	354.653	0.669	192.043	656.995
718	78.26	5	1150	0	750	0	1.086	472.171	1.028	221.588	874.698
780	248.00	10	1400	4	750	50	1.086	472.171	1.028	221.588	874.698
805	107.14	5	1500	0	850	0	1.086	606.477	1.497	251.134	1123.501
871	247.50	15	1700	5	850	50	1.086	606.477	1.497	251.134	1123.501
886	112.50	5	1700	0	900	0	1.086	679.926	1.777	265.906	1259.565
963	288.75	15	1950	5	900	50	1.086	679.926	1.777	265.906	1259.565
973	100.00	10	1950	0	950	0	1.086	757.572	2.089	280.679	1403.404
1054	285.88	15	2150	5	950	50	1.086	757.572	2.089	280.679	1403.404
1069	112.50	10	2000	0	950	0	1.086	757.572	2.089	280.679	1403.404
1150	285.88	15	2250	5	950	50	1.086	757.572	2.089	280.679	1403.404
1165	100.00	10	2000	0	950	0	1.086	757.572	2.089	280.679	1403.404
1244	225.71	15	2250	5.5	950	50	1.086	757.572	2.089	280.679	1403.404
1259	100.00	10	2150	0	950	0	1.086	757.572	2.089	280.679	1403.404
1339	228.57	15	2350	5.5	950	45	1.086	757.572	2.089	280.679	1403.404
1356	113.33	10	2150	0	950	0	1.086	757.572	2.089	280.679	1403.404
1433	220.00	18	2350	5.5	950	45	1.086	757.572	2.089	280.679	1403.404
1448	52.94	10	2200	0	950	0	1.086	757.572	2.089	280.679	1403.404
1527	278.82	18	2450	5.5	950	50	1.086	757.572	2.089	280.679	1403.404
1542	81.82	10	2100	0	950	0	1.086	757.572	2.089	280.679	1403.404
1622	252.63	20	2350	6	950	45	1.086	757.572	2.089	280.679	1403.404
1637	90.00	10	2200	0	950	0	1.086	757.572	2.089	280.679	1403.404
1717	266.67	20	2450	6	950	45	1.086	757.572	2.089	280.679	1403.404
1730	111.43	10	2250	0	950	0	1.086	757.572	2.089	280.679	1403.404
1811	270.00	20	2500	6	950	45	1.086	757.572	2.089	280.679	1403.404
1823	51.43	10	2250	0	950	0	1.086	757.572	2.089	280.679	1403.404
1906	276.67	20	2500	6	950	45	1.086	757.572	2.089	280.679	1403.404
2001	237.50	20	2550	6	950	50	1.086	757.572	2.089	280.679	1403.404
2095	225.60	20	2600	6	950	45	1.086	757.572	2.089	280.679	1403.404
2190	237.50	20	2600	6	950	40	1.086	757.572	2.089	280.679	1403.404
2284	235.00	20	2600	6.5	950	40	1.086	757.572	2.089	280.679	1403.404
2378	256.36	20	2650	6.5	950	40	1.086	757.572	2.089	280.679	1403.404
2393	69.23	15	2500	0	950	0	1.086	757.572	2.089	280.679	1403.404
2473	228.57	22	2800	7.5	950	40	1.086	757.572	2.089	280.679	1403.404
2568	259.09	22	2900	8	950	40	1.086	757.572	2.089	280.679	1403.404
2588	60.00	15	2600	0	950	0	1.086	757.572	2.089	280.679	1403.404
2662	261.18	24	2900	8	950	40	1.086	757.572	2.089	280.679	1403.404
2757	285.00	24	2800	10	900	40	1.086	679.926	1.777	265.906	1259.565
2851	235.00	24	2800	8	900	40	1.086	679.926	1.777	265.906	1259.565
2881	60.00	15	2550	0	900	0	1.086	679.926	1.777	265.906	1259.565
2946	216.67	24	2900	8.5	900	40	1.086	679.926	1.777	265.906	1259.565
3041	271.43	24	2900	8.5	900	50	1.086	679.926	1.777	265.906	1259.565
3135	256.36	24	3100	9	950	50	1.086	757.572	2.089	280.679	1403.404
3230	271.43	24	3200	9	950	50	1.086	757.572	2.089	280.679	1403.404
3325	237.50	24	3200	9.5	950	60	1.086	757.572	2.089	280.679	1403.404
3419	216.92	24	3250	9.5	950	60	1.086	757.572	2.089	280.679	1403.404
3514	271.43	25	3300	9.5	950	60	1.086	757.572	2.089	280.679	1403.404
3609	211.11	25	3300	9	950	60	1.086	757.572	2.089	280.679	1403.404
3704	211.11	25	3300	9.5	950	60	1.086	757.572	2.089	280.679	1403.404
3719	26.47	10	3100	0	950	0	1.086	757.572	2.089	280.679	1403.404
3724	150.00	25	3300	10	950	60	1.086	757.572	2.089	280.679	1403.404
3743	25.91	10	3100	0	950	0	1.086	757.572	2.089	280.679	1403.404
3798	253.85	25	3300	10	950	60	1.086	757.572	2.089	280.679	1403.404
3892	256.36	26	3400	10	950	60	1.086	757.572	2.089	280.679	1403.404
3987	237.50	26	3200	10	950	60	1.086	757.572	2.089	280.679	1403.404
4002	37.50	10	3050	0	950	0	1.086	757.572	2.089	280.679	1403.404
4082	208.70	28	3400	9.5	950	60	1.086	757.572	2.089	280.679	1403.404
4176	216.92	28	3400	9.5	950	60	1.086	757.572	2.089	280.679	1403.404
4271	219.23	28	3400	10.5	950	60	1.086	757.572	2.089	280.679	1403.404

4330	221.25	28	3400	11	950	60	1.086	757.572	2.089	280.679	1403.404
4365	210.00	26	3450	10	950	60	1.086	757.572	2.089	280.679	1403.404
4460	228.00	28	3450	10.5	950	60	1.086	757.572	2.089	280.679	1403.404
4554	181.94	30	3500	10.5	950	60	1.086	757.572	2.089	280.679	1403.404
4569	45.00	15	3250	0	950	0	1.086	757.572	2.089	280.679	1403.404
4649	192.00	30	3500	10.5	950	60	1.086	757.572	2.089	280.679	1403.404
4744	183.87	30	3500	11	940	60	1.086	741.707	2.024	277.724	1374.015
4764	41.38	15	2550	0	800	0	1.086	537.226	1.248	236.361	995.212
4838	185.00	28	3550	11	940	60	1.086	741.707	2.024	277.724	1374.015
4933	190.00	30	3550	10	930	60	1.086	726.010	1.960	274.770	1344.936
5028	219.23	30	3550	12	930	60	1.086	726.010	1.960	274.770	1344.936
5122	188.00	32	3500	12	930	65	1.086	726.010	1.960	274.770	1344.936
5217	203.57	32	3500	12	930	60	1.086	726.010	1.960	274.770	1344.936
5237	33.33	15	3350	0	920	0	1.086	710.481	1.898	271.815	1316.168
5312	166.67	32	3500	12.5	920	60	1.086	710.481	1.898	271.815	1316.168
5407	178.13	32	3500	11	920	60	1.086	710.481	1.898	271.815	1316.168
5502	172.73	35	3500	11.5	890	50	1.086	664.901	1.718	262.952	1231.730
5596	170.91	35	3550	13.5	890	50	1.086	664.901	1.718	262.952	1231.730
5691	154.05	35	3550	12.5	890	50	1.086	664.901	1.718	262.952	1231.730
5786	69.51	30	3550	12	870	50	1.086	635.353	1.605	257.043	1176.994
5797	66.00	25	3400	10	870	50	1.086	635.353	1.605	257.043	1176.994
5847	88.80	20	2000	9	750	50	1.052	483.452	1.796	228.750	867.557
5942	87.69	20	1800	9.5	750	50	1.052	483.452	1.796	228.750	867.557
6036	110.59	20	2100	9	800	50	1.052	550.061	2.179	244.000	987.087
6056	6.82	10	1750	0	800	0	1.052	550.061	2.179	244.000	987.087
6131	100.00	20	2000	9	800	40	1.052	550.061	2.179	244.000	987.087
6226	100.00	20	1950	10.5	800	45	1.052	550.061	2.179	244.000	987.087
6321	90.48	20	2100	10.5	820	45	1.052	577.908	2.347	250.100	1037.059
6415	94.00	20	2000	10.5	800	40	1.052	550.061	2.179	244.000	987.087
6435	6.38	15	1750	0	800	0	1.052	550.061	2.179	244.000	987.087
6510	72.58	20	2000	9.5	800	45	1.052	550.061	2.179	244.000	987.087
6605	86.36	20	2100	10	800	45	1.052	550.061	2.179	244.000	987.087
6699	89.52	20	2600	9	800	40	1.052	550.061	2.179	244.000	987.087
6710	4.96	15	1550	0	700	0	1.052	421.140	1.460	213.500	755.739
6722	5.85	15	1550	0	700	0	1.052	421.140	1.460	213.500	755.739
6794	64.48	20	2300	9.5	800	40	1.052	550.061	2.179	244.000	987.087
6889	34.13	5	1600	6.5	600	40	1.052	309.409	0.919	183.000	555.237
6983	42.73	5	1700	6.5	600	45	1.052	309.409	0.919	183.000	555.237
6998	11.25	15	2550	0	800	0	1.052	550.061	2.179	244.000	987.087
7077	103.04	25	2750	8	800	45	1.052	550.061	2.179	244.000	987.087
7172	93.44	30	2950	7.5	800	45	1.052	550.061	2.179	244.000	987.087
7266	102.55	30	3000	7.5	800	40	1.052	550.061	2.179	244.000	987.087
7278	11.43	20	2800	0	800	0	1.052	550.061	2.179	244.000	987.087
7361	70.14	25	3000	7	800	40	1.052	550.061	2.179	244.000	987.087
7455	75.20	30	3100	7.5	800	40	1.052	550.061	2.179	244.000	987.087
7549	80.57	35	3100	7	800	40	1.052	550.061	2.179	244.000	987.087
7566	13.60	20	2950	0	800	0	1.052	550.061	2.179	244.000	987.087
7644	78.00	35	3150	7	800	40	1.052	550.061	2.179	244.000	987.087
7655	82.50	30	3150	9	800	40	1.052	550.061	2.179	244.000	987.087
7668	9.51	20	2950	0	800	0	1.052	550.061	2.179	244.000	987.087
7739	71.00	30	2800	9	800	40	1.052	550.061	2.179	244.000	987.087
7751	9.00	20	3400	0	800	0	1.052	550.061	2.179	244.000	987.087
7833	75.69	30	3450	9	800	45	1.052	550.061	2.179	244.000	987.087
7927	36.62	20	2100	8	600	45	1.052	309.409	0.919	183.000	555.237
8022	25.11	10	2100	9	600	45	1.052	309.409	0.919	183.000	555.237
8060	26.51	10	2100	8.5	600	45	1.052	309.409	0.919	183.000	555.237
8117	22.80	5	2100	10.5	600	45	1.052	309.409	0.919	183.000	555.237
8212	24.57	5	1900	9.5	600	45	1.052	309.409	0.919	183.000	555.237
8306	28.48	10	1950	10.5	600	45	1.052	309.409	0.919	183.000	555.237
8401	21.76	15	2000	10.5	600	45	1.052	309.409	0.919	183.000	555.237
8462	21.53	15	2000	10	600	45	1.052	309.409	0.919	183.000	555.237
8495	10.42	15	3200	0	820	0	1.052	577.908	2.347	250.100	1037.059
8525	72.00	30	3500	12	800	60	1.052	550.061	2.179	244.000	987.087
8590	48.75	30	3450	10.5	820	60	1.052	577.908	2.347	250.100	1037.059
8652	80.87	30	3450	11.5	820	60	1.052	577.908	2.347	250.100	1037.059
8662	3.75	20	3100	0	820	0	1.052	577.908	2.347	250.100	1037.059
8674	5.14	20	3300	0	800	0	1.097	516.182	2.045	233.991	965.914
8684	85.71	25	3500	12.5	800	60	1.097	516.182	2.045	233.991	965.914
8779	80.28	30	3500	13.5	780	60	1.097	490.696	1.896	228.141	918.222
8874	81.43	35	3500	12	765	60	1.097	472.004	1.788	223.754	883.246

8877	90.00	35	3500	11.5	750	60	1.097	453.676	1.685	219.366	848.948
8887	10.91	20	3300	0	750	0	1.097	453.676	1.685	219.366	848.948
8968	56.51	30	3450	11.5	750	60	1.097	453.676	1.685	219.366	848.948
9063	41.91	35	3500	10	760	55	1.097	465.854	1.754	222.291	871.738
9158	34.34	35	3500	10.5	800	55	1.097	516.182	2.045	233.991	965.914
9215	32.57	35	3450	10	760	65	1.097	465.854	1.754	222.291	871.738
9252	55.50	35	3450	10.5	770	60	1.097	478.194	1.824	225.216	894.829
9257	60.00	35	3500	9.5	770	60	1.097	478.194	1.824	225.216	894.829
9269	11.61	30	3300	0	700	0	1.097	395.202	1.370	204.742	739.528
9347	29.81	30	3500	12	700	50	1.097	395.202	1.370	204.742	739.528
9441	19.93	40	3100	12	700	50	1.097	395.202	1.370	204.742	739.528
9536	14.25	40	3000	15.33333	700	40	1.097	395.202	1.370	204.742	739.528
9600	12.59	40	3100	15.66667	700	50	1.097	395.202	1.370	204.742	739.528
9630	12.86	40	3100	15.66667	700	50	1.097	395.202	1.370	204.742	739.528
9725	14.07	40	3300	15.66667	700	50	1.097	395.202	1.370	204.742	739.528
9736	50.77	10	1200	9.5	400	40	0.778	246.302	1.013	164.967	326.871
9758	8.41	10	1050	0	450	0	0.778	311.726	1.443	185.587	413.697
9811	49.69	15	1300	12	400	50	0.778	246.302	1.013	164.967	326.871
9841	7.26	15	1200	0	400	0	0.778	246.302	1.013	164.967	326.871
9873	53.33	18	1400	12	400	50	0.778	246.302	1.013	164.967	326.871
9905	48.00	18	1400	12.5	400	50	0.778	246.302	1.013	164.967	326.871
9915	50.00	18	1500	13	400	50	0.778	246.302	1.013	164.967	326.871
9925	8.00	20	1300	0	400	0	0.778	246.302	1.013	164.967	326.871
10000	48.91	15	1500	13	400	40	0.778	246.302	1.013	164.967	326.871
10094	55.29	18	1550	11	400	40	0.778	246.302	1.013	164.967	326.871
10189	57.00	15	1550	7	400	40	0.778	246.302	1.013	164.967	326.871
10284	54.81	15	1550	7	400	40	0.778	246.302	1.013	164.967	326.871
10379	61.96	20	1700	8	400	40	0.778	246.302	1.013	164.967	326.871
10473	50.36	20	1750	8	400	40	0.778	246.302	1.013	164.967	326.871
10566	48.10	18	1800	8.5	400	40	0.778	246.302	1.013	164.967	326.871
10660	51.74	15	1900	7.5	400	40	0.778	246.302	1.013	164.967	326.871
10691	50.27	15	1900	7	400	40	0.778	246.302	1.013	164.967	326.871

ANEXO 6

ANEXO 6. 2: Datos Direccionales Campo Drago

Drago Norte 31D		Drago Norte16D		Drago Norte 21D		Drago Norte 25D		Drago Norte 29D		Drago Norte 23D	
MD (ft)	DLS (deg/100ft)	MD (ft)	DLS (deg/100ft)	MD (ft)	DLS (deg/100ft)	MD (ft)	DLS (deg/100ft)	MD (ft)	DLS (deg/100ft)	MD (ft)	DLS (deg/100ft)
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
176	0.24	220	0.71	347	0.33	348	0.15	100	0.39	439	0.37
176	0	290	0.71	438	1.47	439	1.7	200	0.6	531	0.56
250	0.24	345	0.71	530	1.54	529	1.82	300	0.73	623	2.04
323	0.23	434	1.34	621	2.63	621	0.74	400	0.89	714	2.17
344	0.23	525	2.29	713	2.38	713	1.21	500	0.44	805	2.71
434	2.31	615	2.79	804	1.79	804	1.68	600	1.07	897	1.98
530	2.86	739	2.85	896	0.57	897	0.42	700	1.22	989	1.29
614	2	828	1.49	1083	2.61	1082	2.74	800	0.69	1083	1.55
708	1.8	922	1.28	1177	1.56	1176	1.04	900	0.82	1178	1.6
829	2.96	1017	2.23	1271	2.31	1270	0.74	1000	0.76	1272	1.64
922	2.65	1110	2.23	1365	2.05	1364	1.46	1087	0.72	1366	1.69
1016	2.83	1204	2.07	1460	1.96	1459	1.57	1181	1.92	1461	1.61
1110	2.22	1299	1.57	1554	2.06	1553	1.09	1276	2.14	1555	1.4
1204	2.54	1393	2.43	1648	2.4	1647	1.96	1370	1.78	1650	1.45
1298	2.43	1487	1.69	1743	1.14	1741	1.11	1465	1.33	1745	1.74
1392	2.28	1581	0.65	1837	0.36	1836	0.65	1560	1.42	1840	0.76
1486	1.84	1675	1.97	1931	0.72	1930	0.54	1654	1.74	1934	0.33
1580	2.14	1769	1.42	2025	0.47	2024	0.91	1749	1.68	2028	0.02
1674	0.86	1864	0.1	2120	0.23	2118	0.33	1844	0.83	2123	0.21
1769	0.64	1958	0.54	2214	0.21	2213	0.36	1939	0.5	2218	0.22
1863	1.29	2052	0.31	2309	0.28	2307	0.56	2034	0.38	2312	0.21
1957	0.6	2147	0.33	2402	0.06	2403	2.23	2128	0.46	2407	0.51
2051	1	2241	0.38	2496	0.22	2497	1.71	2223	0.5	2501	0.1
2146	0.45	2335	1.38	2590	0.25	2590	0.62	2317	1.87	2596	1.05
2146	0	2429	0.21	2684	0.93	2685	0.62	2412	0.82	2690	0.06
2240	0.07	2524	0.35	2779	0.17	2779	0.69	2507	0.56	2785	0.29
2335	0.82	2618	0.56	2871	0.12	2873	1.35	2602	0.45	2880	1.66
2429	0.43	2712	0.3	2965	0.99	2966	0.45	2696	0.46	2974	0.65
2523	1.79	2807	0.47	3059	0.43	3061	0.71	2791	1.57	3069	0.12
2617	0.21	2901	0.32	3152	0.3	3155	0.68	2886	0.49	3163	0.1
2712	1	2996	0.16	3247	0.51	3249	0.72	2980	0.28	3258	0.03
2807	0.46	3090	0.37	3339	0.63	3343	1.59	3075	0.49	3353	0.31
2901	0.27	3184	0.22	3433	1.39	3438	0.31	3170	1.74	3447	0.2
2995	0.71	3278	1.01	3528	0.16	3532	0.61	3264	0.25	3542	0.07
3089	0.21	3372	0.31	3622	0.1	3626	0.85	3359	0.38	3637	0.12
3183	0.54	3467	0.37	3716	0.12	3720	0.74	3454	0.53	3732	0.66
3278	1.11	3560	0.18	3810	0.17	3815	1.79	3548	0.88	3826	0.17
3371	0.47	3655	0.95	3905	0.29	3909	0.45	3643	0.41	3921	0.13
3466	0.98	3749	1.26	4000	1.62	4003	0.64	3737	1.66	4015	0.79
3559	0.81	3843	2.28	4094	0.49	4097	0.49	3832	0.45	4110	0.33
3654	0.26	3938	0.54	4188	0.39	4189	1.96	3926	1.9	4205	0.18
3748	0.63	4033	0.54	4282	0.42	4283	0.23	4021	0.4	4299	0.04
3843	0.77	4127	0.34	4377	0.44	4377	1.42	4115	0.66	4393	0.15
3937	1.35	4221	1.75	4471	0.83	4469	1.81	4210	0.52	4488	0.19
4032	0.17	4315	0.66	4565	0.29	4564	1.93	4304	1.24	4582	0.52
4126	0.54	4408	0.21	4659	1.35	4658	1.65	4399	0.79	4677	0.28
4220	0.3	4502	0.52	4753	1.83	4752	1.73	4494	0.75	4772	1.13
4314	1.24	4596	0.24	4848	1.96	4847	1.28	4588	1.15	4866	0.55
4408	0.5	4689	0.13	4942	1.36	4940	1.93	4683	1.04	4961	0.22
4501	0.61	4783	0.36	5036	1.92	5034	0.67	4777	0.97	5056	0.16
4595	0.57	4876	0.28	5130	1.69	5127	0.32	4872	1.63	5151	0.22
4688	0.27	4970	0.31	5224	1.63	5222	0.21	4966	0.45	5245	1.42
4782	0.51	5064	0.53	5320	1.79	5316	0.26	5061	0.49	5340	0.16
4875	1.42	5157	2.22	5414	1.22	5409	1.6	5156	0.47	5435	0.44
4969	0.28	5255	2.18	5509	1.33	5504	2.2	5250	0.37	5530	0.35
5063	0.33	5349	1.87	5603	1.34	5597	1.83	5345	0.74	5625	0.04
5156	0.53	5443	2.33	5697	1.4	5623	1.19	5440	0.8	5719	0.27
5250	0.74	5538	1.57	5792	1.37	5784	0.32	5535	0.62	5814	0.87
5344	0.86	5632	1.59	5813	1.54	5878	0.25	5630	0.46	5910	0.49
5439	0.79	5726	1.2	5978	2.04	5972	0.17	5724	0.42	6006	0.84
5532	0.49	5814	1.23	6072	2.59	6066	0.17	5878	0.64	6104	0.11
5627	0.47	5878	0.41	6167	1.26	6162	0.1	5973	1.61	6208	0.22
5721	0.48	5913	0.41	6261	1.63	6256	0.17	6068	0.55	6303	0.9
5816	0.6	6007	1.19	6355	0.8	6348	0.14	6162	0.84	6408	0.65
5910	0.61	6102	1.55	6449	0.1	6440	0.16	6257	0.06	6504	0.09
6004	0.38	6196	0.55	6544	0.32	6534	0.04	6351	0.43	6607	0.36
6099	0.82	6290	1.63	6638	0.81	6627	0.05	6446	0.32	6701	0.87
6169	1.83	6384	1.92	6732	0.16	6721	0.23	6541	0.02	6806	0.24
6193	1.83	6479	1.43	6827	0.07	6815	0.1	6635	0.21	6901	0.31
6199	1.61	6572	1.81	6921	0.22	6909	0.18	6730	1.8	7015	1.06
6286	1.58	6667	2.07	7015	0.14	7003	0.1	6825	2.48	7110	0.24
6379	1.68	6742	1.33	7108	0.28	7098	0.01	6919	0.81	7204	0.19
6473	0.82	6760	1.33	7201	0.04	7192	0.16	7013	0.22	7298	0.48
6567	1.7	6855	0.37	7294	0.18	7286	0.06	7108	1.03	7393	0.12
6660	1.62	6927	0.23	7389	0.15	7380	0.18	7202	0.17	7487	0.22
6710	1.16	6949	0.23	7483	0.17	7474	0.14	7297	1.6	7581	0.88
6777	0.57	6994	0.08	7579	0.26	7568	0.15	7391	0.18	7676	0.59
6778	0.56	7044	0.08	7673	0.27	7663	0.29	7485	2.07	7771	0.9
6778	0	7139	0.11	7767	0.3	7756	0.09	7580	0.4	7865	0.32
6856	0.56	7233	0.04	7861	0.09	7850	0.1	7675	0.08	7960	0.31
6874	0.74	7328	0.27	7954	0.35	7944	0.12	7769	0.34	8055	0.23
6886	0.74	7422	0.16	8048	0.27	8054	0.29	7863	0.15	8149	0.09
6950	0.75	7516	0.16	8143	0.29	8149	0.01	7958	0.34	8244	0.26
7044	0.7	7609	0.17	8237	0.22	8243	0.25	8053	0.31	8338	0.86
7138	0.94	7703	0.24	8332	0.14	8337	1.22	8148	0.16	8433	0.76
7232	0.5	7796	0.16	8426	0.26	8431	0.1	8242	0.36	8527	2
7290	2.39	7890	0.3	8521	0.23	8525	0.14	8337	0.88	8622	1.23
7320	2.39	7896	0.31	8615	0.32	8619	0.11	8431	1.31	8717	1.83
7325	2.32	7984	0.31	8709	0.11	8714	0.08	8526	0.51	8811	0.79
7404	1.63	8077	0.36	8804	0.15	8808	0.15	8619	0.51	8905	1.29
7419	1.63	8171	0.41	8898	0.07	8902	0.11	8714	0.4	9000	0.62
7429	2.7	8265	0.02	8992	0.37	8995	0.04	8808	0.72	9095	0.5
7512	2.74	8358	0.26	9086	0.26	9092	0.2	8902	0.93	9190	0.24
7606	1.96	8367	0.08	9180	0.14	9186	0.03	8997	0.55	9284	1.17
7699	2.02	8451	0.08	9274	0.12	9280	0.06	9092	0.9	9378	1.65
7793	2.15	8546	0.04	9369	0.22	9374	0.1	9186	0.49	9473	1.88
7887	1.01	8640	0.32	9463	0.4	9540	0.03	9281	0.15	9568	2.79

ANEXO 7

ANEXO 7. 1: Optimización Sección 16"-Campo Auca

Datos Generales						
Tamaño de la broca=	16	in				
Numero de boquillas=	5					
Densidad del lodo=	10.4	lpg				
Presion Disponible Max=	3400	psi				
Viscosidad=	5	cP				
Pto Casing=	6500	pies				
Qi=	640	gpm				
a) Cálculo de pérdidas de presión dentro de la sarta						
	DI	Longitud	Vp	Nrep	f	Δp_t
Herramienta	in	pies	pies/seg			psi
Motor		27.50				400.00
Float Sub	2.250	3.80	51.58	223914.23	0.0046	8.41
Estabilizador 15 1/2"	3.250	5.77	24.72	155017.54	0.0050	2.18
NM M S	3.063	3.99	27.84	164508.41	0.0049	2.01
Herramienta MWD		29.51				300.00
NMDC	3.563	29.98	20.57	141419.51	0.0051	7.29
Cross Over Sub	3.063	3.59	27.84	164508.41	0.0049	1.80
UBHO	2.906	2.53	30.92	173352.95	0.0049	1.64
Drill Collar	2.813	28.75	33.01	179131.38	0.0048	21.76
Cross Over Sub	2.781	3.80	33.76	181144.10	0.0048	3.04
Tuberia Pesada	3.000	730.41	29.01	167935.67	0.0049	405.43
Martillo	2.750	20.00	34.53	183202.55	0.0048	16.87
Tuberia de Perforacion	4.276	5610.37	14.28	117822.03	0.0053	567.11
ΔP Tuberia=						1737.53
b) Cálculo de pérdidas de presión en el espacio anular						
	DE	Longitud	Va	Nrea	f	Δp_a
Herramienta	in	pies	pies/seg			psi
Motor	9.625	31.28	1.60	19660.76	0.0076	0.04
Float Sub	9.625	3.80	1.60	19660.76	0.0076	0.00
Estabilizador 15 1/2"	9.688	5.77	1.61	19612.93	0.0076	0.01
NM M S	9.500	3.99	1.58	19757.14	0.0076	0.00
Herramienta MWD	9.625	29.51	1.60	19660.76	0.0076	0.04
NMDC	9.500	29.98	1.58	19757.14	0.0076	0.03
Cross Over Sub	9.375	3.59	1.55	19854.46	0.0076	0.00
UBHO	7.875	2.53	1.35	21101.86	0.0075	0.00
1x8" Drill Collar	8.250	28.75	1.39	20775.55	0.0075	0.02
Cross Over Sub	8.000	3.80	1.36	20991.96	0.0075	0.00
19 x Tuberia Pesada	5.000	730.41	1.13	23990.81	0.0073	0.25
Martillo	6.500	31.45	1.22	22391.42	0.0074	0.01
Tuberia de Perforacion	5.000	5595.14	1.13	23990.81	0.0073	1.91
ΔP Anular, psi=						2.33
ΔP Equipo Superficie=						72.27
ΔP total=						1812.13

c) Cálculos a partir de un caudal Optimo calculado

Presion Disponible		
Pb=	1587.874	psi
Qop=	446.698	gpm
Aj=	0.347	in ²
Dj=	9.516	in
Optimizacion Maxima Fuerza de Impacto		
Presion minima en superficie=	3419.105	psi
Pbop=	1606.979	psi
Qop=	445.270	gpm
Aj=	0.344	in ²
Dj=	9.473	in
Optimizacion Maxima Potencia hidraulica		
Presion minima en superficie=	5033.682	psi
Pbop=	3221.557	
Qop=	356.976	gpm
Aj=	0.195	in ²
Dj=	7.128	in

d) Cálculos a partir de caudal comunmente usado

Calculos a partir de caudal comunmente usado		
Presion Disponible		
Qu=	950	gpm
Pb=	1587.874	psi
Aj=	0.739	in ²
Dj=	13.878	in
Optimizacion Maxima Fuerza de Impacto		
Presion minima en superficie=	3419.105	psi
Qu=	950	gpm
Pbop=	1606.979	psi
Aj=	0.734	in ²
Dj=	13.836	in
Optimizacion Maxima Potencia hidraulica		
Presion minima en superficie=	5033.682	psi
Qu=	950	gpm
Pbop=	3221.557	psi
Aj=	0.519	in ²
Dj=	11.628	in

ANEXO 7. 2: Optimización Sección 12.25"-Primera Corrida-Campo Auca

Datos Generales Primera Corrida						
Tamano de la broca=	12.25	in				
Numero de boquillas=	7					
Densidad del lodo=	9.8	lpg				
Presion Disponible Max=	3400	psi				
Viscosidad=	18	cP				
Fin de la Corrida=	9700	pies				
Qi=	490	gpm				
a) Cálculo de pérdidas de presión dentro de la sarta						
	DI	Longitud	Vp	Nrep	f	Δp_t
Herramienta	in	pies	pies/seg			psi
Motor		26.47				400.00
Float Sub	3.750	3.38	14.22	26923.98	0.0071	0.49
Estabilizador 12"	2.810	6.71	25.32	35930.58	0.0067	3.89
NM M S	3.060	4.17	21.35	32995.08	0.0068	1.61
Monel EMPP	3.250	30.67	18.93	31066.13	0.0069	8.85
Monel	3.250	30.67	18.93	31066.13	0.0069	8.85
8" Drill Collar	2.810	28.75	25.32	35930.58	0.0067	16.65
Cross Over	2.875	3.80	24.19	35118.24	0.0067	1.97
Tuberia Pesada	3.000	730.79	22.21	33654.98	0.0068	309.37
Martillo	2.750	32.25	26.44	36714.52	0.0067	20.71
Tuberia de Perforacion	4.276	8802.34	10.93	23612.00	0.0073	682.53
ΔP Tuberia=						1454.91
b) Cálculo de pérdidas de presión en el espacio anular						
	DE	Longitud	Va	Nrea	f	Δp_a
Herramienta	in	pies	pies/seg			psi
Motor	8.000	26.47	2.32	4985.92	0.0103	0.13
Float Sub	8.000	3.38	2.32	4985.92	0.0103	0.02
Estabilizador 12"	8.000	6.71	2.32	4985.92	0.0103	0.03
NM M S	8.000	4.17	2.32	4985.92	0.0103	0.02
Monel EMPP	8.125	30.67	2.38	4955.33	0.0103	0.16
Monel	8.125	30.67	2.38	4955.33	0.0103	0.16
8" Drill Collar	8.250	28.75	2.44	4925.12	0.0103	0.17
Cross Over	8.000	3.80	2.32	4985.92	0.0103	0.02
Tuberia Pesada	5.000	730.79	1.60	5853.04	0.0099	0.97
Martillo	6.500	32.25	1.85	5384.80	0.0101	0.07
Tuberia de Perforacion	5.000	8802.34	1.60	5853.04	0.0099	11.69
ΔP Anular, psi=						13.45
ΔP Equipo Superficie=						41.44
ΔP total=						1509.80

c) Cálculos a partir de un caudal Optimo calculado

Presion Disponible		
Pb=	1890.199	psi
Qop=	308.130	gpm
Aj=	0.213	in ²
Dj=	6.301	in
Optimizacion Maxima Fuerza de Impacto		
Presion minima en superficie=	2848.681	psi
Pbop=	1338.880	psi
Qop=	340.910	gpm
Aj=	0.280	in ²
Dj=	7.224	in
Optimizacion Maxima Potencia hidraulica		
Presion minima en superficie=	4193.891	psi
Pbop=	2684.090	
Qop=	273.309	gpm
Aj=	0.159	in ²
Dj=	5.436	in

d) Cálculos a partir de caudal comunmente usado

Calculos a partir de caudal comunmente usado		
Presion Disponible		
Qu=	780.000	gpm
Pb=	1890.199	psi
Aj=	0.540	in ²
Dj=	10.025	in
Optimizacion Maxima Fuerza de Impacto		
Presion minima en superficie=	2848.681	psi
Qu=	780.000	gpm
Pbop=	1338.880	psi
Aj=	0.641	in ²
Dj=	10.927	in
Optimizacion Maxima Potencia hidraulica		
Presion minima en superficie=	4193.891	psi
Qu=	780.000	gpm
Pbop=	2684.090	psi
Aj=	0.453	in ²
Dj=	9.183	in

ANEXO 7. 3: Optimización Sección 12.25"-Segunda Corrida-Campo Auca

Datos Generales Segunda Corrida						
Tamaño de la broca=	12.25	in				
Numero de boquillas=	7					
Densidad del lodo=	10	lpg				
Presion Disponible Max=	3400	psi				
Viscosidad=	19	cP				
Pto Casing=	10200	pies				
Qi=	490	gpm				
a) Cálculo de pérdidas de presión dentro de la sarta						
	DI	Longitud	Va	Nrea	f	Δp_a
Herramienta	in	pies	pies/seg			psi
Motor		26.47				400.00
Float Sub	3.750	3.38	14.22	27068.58	0.0071	0.52
Estabilizador 12"	2.813	6.71	25.27	36091.44	0.0067	4.10
MFR+GR	2.750	31.04	26.44	36911.70	0.0066	21.13
NDT	8.875	28.41	2.54	11437.43	0.0085	0.07
HEL MWD	3.750	25.64	14.22	27068.58	0.0071	3.95
Cross Over Sub	2.813	2.14	25.27	36091.44	0.0067	1.31
Monel	3.250	30.67	18.93	31232.98	0.0069	9.38
8" Drill Collar	2.813	28.75	25.27	36091.44	0.0067	17.58
Cross Over Sub	2.813	3.80	25.27	36091.44	0.0067	2.32
Tuberia Pesada	3.000	730.79	22.21	33835.72	0.0068	327.94
Martillo	2.750	32.25	26.44	36911.70	0.0066	21.96
Tuberia de Perforacion	4.276	9249.95	10.93	23738.81	0.0073	760.28
ΔP Tuberia=						1570.55
b) Cálculo de pérdidas de presión en el espacio anular						
	DE	Longitud	Va	Nrea	f	Δp_a
Herramienta	in	pies	pies/seg			psi
Motor	8.000	26.47	2.32	5012.70	0.0103	0.14
Float Sub	8.000	3.38	2.32	5012.70	0.0103	0.02
Estabilizador 12"	8.000	6.71	2.32	5012.70	0.0103	0.04
MFR+GR	8.250	31.04	2.44	4951.57	0.0103	0.19
NDT	8.250	28.41	2.44	4951.57	0.0103	0.18
HEL MWD	8.250	25.64	2.44	4951.57	0.0103	0.16
Cross Over Sub	8.063	2.14	2.35	4997.28	0.0103	0.01
Monel	8.125	30.67	2.38	4981.95	0.0103	0.17
8" Drill Collar	8.250	28.75	2.44	4951.57	0.0103	0.18
Cross Over Sub	7.875	3.80	2.27	5043.83	0.0103	0.02
Tuberia Pesada	5.000	730.79	1.60	5884.47	0.0099	1.03
Martillo	6.500	32.25	1.85	5413.72	0.0101	0.08
Tuberia de Perforacion	5.000	9249.95	1.60	5884.47	0.0099	13.02
ΔP Anular, psi=						15.22
ΔP Equipo Superficie=						43.98
ΔP t=						1629.75

c) Cálculos a partir de un caudal Óptimo calculado

Presion Disponible		
Pb=	1770.252	psi
Qop=	321.889	gpm
Aj=	0.237	in ²
Dj=	6.644	in
Optimizacion Maxima Fuerza de Impacto		
Presion minima en superficie=	3074.996	psi
Pbop=	1445.248	psi
Qop=	340.910	gpm
Aj=	0.278	in ²
Dj=	7.193	in
Optimizacion Maxima Potencia hidraulica		
Presion minima en superficie=	4527.077	psi
Pbop=	2897.329	
Qop=	273.309	gpm
Aj=	0.157	in ²
Dj=	5.413	in

d) Cálculos a partir de caudal comunmente usado

Calculos a partir de caudal comunmente usado		
Presion Disponible		
Qu=	850.000	gpm
Pb=	1770.252	psi
Aj=	0.626	in ²
Dj=	10.797	in
Optimizacion Maxima Fuerza de Impacto		
Presion minima en superficie=	3074.996	psi
Qu=	850.000	gpm
Pbop=	1445.248	psi
Aj=	0.693	in ²
Dj=	11.359	in
Optimizacion Maxima Potencia hidraulica		
Presion minima en superficie=	4527.077	psi
Qu=	850.000	gpm
Pbop=	2897.329	psi
Aj=	0.489	in ²
Dj=	9.546	in

ANEXO 7. 4: Optimización Sección 8.5"-Campo Auca

Datos Generales						
Tamaño de la broca=	8.5	in				
Numero de boquillas=	6					
Densidad del lodo=	9	lpg				
Presion Disponible Max=	3400	psi				
Viscosidad=	18	cP				
Pto Casing=	10800	pies				
Qi=	340	gpm				
a) Cálculo de pérdidas de presión dentro de la sarta						
	DE	Longitud	Va	Nrea	f	Δp_a
Herramienta	in	pies	pies/seg			psi
Motor		24.47				400.00
Float Sub	2.875	3.33	16.78	22378.55	0.0074	0.84
Estabilizador 8" 1/4	2.250	5.11	27.40	28594.82	0.0070	4.17
Mule Shoe	3.125	3.48	14.20	20588.27	0.0075	0.59
Monel MWD	3.250	29.92	13.13	19796.41	0.0076	4.20
Monel	2.875	30.39	16.78	22378.55	0.0074	7.67
Drill Collar	2.750	29.85	18.34	23395.76	0.0073	9.32
Tuberia Pesada	3.000	730.79	15.41	21446.11	0.0075	150.44
Martillo	2.750	31.41	18.34	23395.76	0.0073	9.81
Tuberia de Perforacion	4.276	9911.25	7.59	15046.38	0.0080	374.34
ΔP Tuberia=						961.38
b) Cálculo de pérdidas de presión en el espacio anular						
	DE	Longitud	Va	Nrea	f	Δp_a
Herramienta	in	pies	pies/seg			psi
Motor	6.750	24.47	5.20	4218.91	0.0107	1.41
Float Sub	6.750	3.33	5.20	4218.91	0.0107	0.19
Estabilizador 8" 1/4	6.500	5.11	4.62	4289.22	0.0106	0.20
Mule Shoe	6.750	3.48	5.20	4218.91	0.0107	0.20
Monel MWD	6.750	29.92	5.20	4218.91	0.0107	1.72
Monel	6.875	30.39	5.55	4184.61	0.0107	2.15
Drill Collar	6.500	29.85	4.62	4289.22	0.0106	1.19
Tuberia Pesada	5.000	730.79	2.94	4765.80	0.0104	6.52
Martillo	6.500	31.41	4.62	4289.22	0.0106	1.25
Tuberia de Perforacion	5.000	9911.25	2.94	4765.80	0.0104	88.48
ΔP Anular, psi=						103.32
ΔP Equipo Superficie=						19.28
ΔP t=						1083.98

c) Cálculos a partir de un caudal Optimo calculado

Presion Disponible		
Pb=	2316.018	psi
Qop=	176.925	gpm
Aj=	0.106	in ²
Dj=	4.798	in
Optimizacion Maxima Fuerza de Impacto		
Presion minima en superficie=	2045.249	psi
Pbop=	961.267	psi
Qop=	236.550	gpm
Aj=	0.220	in ²
Dj=	6.912	in
Optimizacion Maxima Potencia hidraulica		
Presion minima en superficie=	3011.061	psi
Pbop=	1927.079	
Qop=	189.643	gpm
Aj=	0.125	in ²
Dj=	5.201	in

d) Cálculos a partir de caudal comunmente usado

Calculos a partir de caudal comunmente usado		
Presion Disponible		
Qu=	450.000	gpm
Pb=	2316.018	psi
Aj=	0.269	in ²
Dj=	7.652	in
Optimizacion Maxima Fuerza de Impacto		
Presion minima en superficie=	2045.249	psi
Qu=	450.000	gpm
Pbop=	961.267	psi
Aj=	0.418	in ²
Dj=	9.534	in
Optimizacion Maxima Potencia hidraulica		
Presion minima en superficie=	3011.061	psi
Qu=	450.000	gpm
Pbop=	1927.079	psi
Aj=	0.295	in ²
Dj=	8.012	in

ANEXO 7. 5: Optimización Sección 16"- Pozos Tipo J-Campo Drago

Datos Generales						
Tamaño de la broca=	16	in				
Numero de boquillas=	5					
Densidad del lodo=	10.2	lpg				
Presion Disponible Max=	3400	psi				
Viscosidad=	5	cP				
Pto Casing=	5800	pies				
Qi=	640	gpm				
a) Cálculo de pérdidas de presión dentro de la sarta						
	DI	Longitud	Vp	Nrep	f	Δp_t
Herramienta	in	pies	pies/seg			psi
Motor		28.45				400.00
Float Sub	2.250	3.65	51.58	219608.19	0.0047	7.95
Estabilizador	3.313	6.37	23.80	149167.83	0.0050	2.16
Mule Shoe	3.125	3.63	26.74	158117.89	0.0050	1.63
MWD		28.98				300.00
NMDC	3.063	30.58	27.84	161344.79	0.0049	15.13
Cross Over Sub	3.000	3.02	29.01	164706.14	0.0049	1.65
Drill Collar	2.813	29.72	33.01	175686.55	0.0049	22.15
Cross Over Sub	2.813	3.78	33.01	175686.55	0.0049	2.82
Tuberia Pesada	3.000	885.07	29.01	164706.14	0.0049	483.63
Martillo	3.063	31.10	27.84	161344.79	0.0049	15.39
Tuberia de Perforacion	4.276	4745.65	14.28	115556.23	0.0053	472.27
ΔP Tuberia=						1724.79
b) Cálculo de pérdidas de presión en el espacio anular						
	DE	Longitud	Va	Nrea	f	Δp_a
Herramienta	in	pies	pies/seg			psi
Motor	9.625	28.45	1.60	19282.67	0.0076	0.03
Float Sub	9.625	3.65	1.60	19282.67	0.0076	0.0044
Estabilizador	9.500	6.37	1.58	19377.19	0.0076	0.01
Mule Shoe	9.500	3.63	1.58	19377.19	0.0076	0.00
MWD	9.438	28.98	1.56	19424.80	0.0076	0.03
NMDC	9.625	30.58	1.60	19282.67	0.0076	0.04
Cross Over Sub	8.000	3.02	1.36	20588.27	0.0075	0.0021
Drill Collar	8.250	29.72	1.39	20376.02	0.0075	0.02
Cross Over Sub	7.875	3.78	1.35	20696.06	0.0075	0.00
Tuberia Pesada	5.000	885.07	1.13	23529.45	0.0073	0.30
Martillo	6.500	31.10	1.22	21960.82	0.0074	0.01
Tuberia de Perforacion	5.000	4745.65	1.13	23529.45	0.0073	1.59
ΔP Anular, psi=						2.05
ΔP Equipo Superficie=						70.88
ΔP total=						1797.72

c) Cálculos a partir de un caudal Optimo calculado

Presion Disponible		
Pb=	1602.278	psi
Qop=	444.666	gpm
Aj=	0.341	in ²
Dj=	9.427	in
Optimizacion Maxima Fuerza de Impacto		
Presion minima en superficie=	3391.928	psi
Pbop=	1594.206	psi
Qop=	445.270	gpm
Aj=	0.342	in ²
Dj=	9.446	in
Optimizacion Maxima Potencia hidraulica		
Presion minima en superficie=	4993.672	psi
Pbop=	3195.950	
Qop=	356.976	gpm
Aj=	0.194	in ²
Dj=	7.108	in

d) Cálculos a partir de caudal comunmente usado

Calculos a partir de caudal comunmente usado		
Presion Disponible		
Qu=	950	gpm
Pb=	1602.278	psi
Aj=	0.728	in ²
Dj=	13.779	in
Optimizacion Maxima Fuerza de Impacto		
Presion minima en superficie=	3391.928	psi
Qu=	950	gpm
Pbop=	1594.206	psi
Aj=	0.730	in ²
Dj=	13.797	in
Optimizacion Maxima Potencia hidraulica		
Presion minima en superficie=	4993.672	psi
Qu=	950	gpm
Pbop=	3195.950	psi
Aj=	0.516	in ²
Dj=	11.595	in

ANEXO 7. 6: Optimización Sección 12.25"-Primera Corrida-Pozos Tipo J-Campo Drago

Datos Generales Primera Corrida						
Tamaño de la broca=	12.25	in				
Numero de boquillas=	7					
Densidad del lodo=	9.8	lpg				
Presion Disponible Max=	3400	psi				
Viscosidad=	17	cP				
Fin de la Corrida=	8600	pies				
Qi=	490	gpm				
a) Cálculo de pérdidas de presión dentro de la sarta						
	DI	Longitud	Vp	Nrep	f	Δp_t
Herramienta	in	pies	pies/seg			psi
Motor		26.40				400.00
Float Sub	3.750	3.47	14.22	28507.75	0.0070	0.50
Estabilizador	2.813	5.38	25.27	38010.33	0.0066	3.07
Mule Shoe	3.063	4.25	21.32	34907.44	0.0067	1.61
MWD		31.08				300.00
NMDC	3.250	30.36	18.93	32893.55	0.0068	8.65
Cross Over Sub	2.813	3.78	25.27	38010.33	0.0066	2.15
Tuberia Pesada	3.000	885.07	22.21	35634.68	0.0067	370.24
Martillo	3.063	31.10	21.32	34907.44	0.0067	11.79
Tuberia de Perforacion	4.276	7579.11	10.93	25000.95	0.0072	580.60
ΔP Tuberia=						1678.60
b) Cálculo de pérdidas de presión en el espacio anular						
	DE	Longitud	Va	Nrea	f	Δp_a
Herramienta	in	pies	pies/seg			psi
Motor	8.000	26.40	2.32	5279.21	0.0102	0.13
Float Sub	8.000	3.47	2.32	5279.21	0.0102	0.02
Estabilizador	8.000	5.38	2.32	5279.21	0.0102	0.03
Mule Shoe	8.000	4.25	2.32	5279.21	0.0102	0.02
MWD	8.188	31.08	2.41	5230.78	0.0102	0.17
NMDC	8.125	30.36	2.38	5246.82	0.0102	0.16
Cross Over Sub	7.875	3.78	2.27	5312.00	0.0101	0.02
Tuberia Pesada	5.000	885.07	1.60	6197.34	0.0098	1.16
Martillo	6.500	31.10	1.85	5701.55	0.0100	0.07
Tuberia de Perforacion	5.000	7579.11	1.60	6197.34	0.0098	9.93
ΔP Anular, psi=						11.71
ΔP Equipo Superficie=						41.44
ΔP total=						1731.75

c) Cálculos a partir de un caudal Optimo calculado

Presion Disponible		
Pb=	1668.252	psi
Qop=	333.251	gpm
Aj=	0.245	in ²
Dj=	6.760	in
Optimizacion Maxima Fuerza de Impacto		
Presion minima en superficie=	3267.449	psi
Pbop=	1535.701	psi
Qop=	340.910	gpm
Aj=	0.262	in ²
Dj=	6.981	in
Optimizacion Maxima Potencia hidraulica		
Presion minima en superficie=	4810.411	psi
Pbop=	3078.663	
Qop=	273.309	gpm
Aj=	0.148	in ²
Dj=	5.253	in

d) Cálculos a partir de caudal comunmente usado

Calculos a partir de caudal comunmente usado		
Presion Disponible		
Qu=	780.000	gpm
Pb=	1668.252	psi
Aj=	0.574	in ²
Dj=	10.343	in
Optimizacion Maxima Fuerza de Impacto		
Presion minima en superficie=	3267.449	psi
Qu=	780.000	gpm
Pbop=	1535.701	psi
Aj=	0.599	in ²
Dj=	10.559	in
Optimizacion Maxima Potencia hidraulica		
Presion minima en superficie=	4810.411	psi
Qu=	780.000	gpm
Pbop=	3078.663	psi
Aj=	0.423	in ²
Dj=	8.874	in

ANEXO 7. 7: Optimización Sección 12.25"-Segunda Corrida-Pozos Tipo J-Campo Drago

Datos Generales Segunda Corrida						
Tamaño de la broca=	12.25	in				
Numero de boquillas=	7					
Densidad del lodo=	10	lpg				
Presion Disponible Max=	3400	psi				
Viscosidad=	19	cP				
Pto Casing=	9700	pies				
Qi=	490	gpm				
a) Cálculo de pérdidas de presión dentro de la sarta						
	DI	Longitud	Va	Nrea	f	Δp_a
Herramienta	in	pies	pies/seg			psi
Motor		26.40				400.00
Float Sub	3.750	3.47	14.22	26027.48	0.0072	0.52
Estabilizador	2.813	5.89	25.27	34703.31	0.0067	3.49
Mule Shoe	3.063	4.25	21.32	31870.38	0.0069	1.68
MWD		31.08				300.00
NMDC	3.250	30.36	18.93	30031.71	0.0069	9.00
Cross Over	2.813	3.78	25.27	34703.31	0.0067	2.24
Tuberia Pesada	3.000	885.07	22.21	32534.35	0.0068	385.04
Martillo	3.063	32.53	21.32	31870.38	0.0069	12.82
Tuberia de Perforacion	4.276	8677.17	10.93	22825.78	0.0074	691.52
ΔP Tuberia=						1806.30
b) Cálculo de pérdidas de presión en el espacio anular						
	DE	Longitud	Va	Nrea	f	Δp_a
Herramienta	in	pies	pies/seg			psi
Motor	8.000	26.40	2.32	4819.90	0.0104	0.13
Float Sub	8.000	3.47	2.32	4819.90	0.0104	0.02
Estabilizador	8.000	5.89	2.32	4819.90	0.0104	0.03
Mule Shoe	8.000	4.25	2.32	4819.90	0.0104	0.02
MWD	8.188	31.08	2.41	4775.68	0.0104	0.18
NMDC	8.125	30.36	2.38	4790.33	0.0104	0.17
Cross Over	7.875	3.78	2.27	4849.84	0.0104	0.02
Tuberia Pesada	5.000	885.07	1.60	5658.15	0.0100	1.21
Martillo	6.500	32.53	1.85	5205.50	0.0102	0.08
Tuberia de Perforacion	5.000	8677.17	1.60	5658.15	0.0100	11.85
ΔP Anular, psi=						13.70
ΔP Equipo Superficie=						42.29
ΔP t=						1862.29

c) Cálculos a partir de un caudal Optimo calculado

Presion Disponible		
Pb=	1537.714	psi
Qop=	347.381	gpm
Aj=	0.269	in ²
Dj=	7.080	in
Optimizacion Maxima Fuerza de Impacto		
Presion minima en superficie=	3513.748	psi
Pbop=	1651.462	psi
Qop=	340.910	gpm
Aj=	0.255	in ²
Dj=	6.890	in
Optimizacion Maxima Potencia hidraulica		
Presion minima en superficie=	5173.018	psi
Pbop=	3310.732	
Qop=	273.309	gpm
Aj=	0.144	in ²
Dj=	5.184	in

d) Cálculos a partir de caudal comunmente usado

Calculos a partir de caudal comunmente usado		
Presion Disponible		
Qu=	850.000	gpm
Pb=	1537.714	psi
Aj=	0.658	in ²
Dj=	11.075	in
Optimizacion Maxima Fuerza de Impacto		
Presion minima en superficie=	3513.748	psi
Qu=	850.000	gpm
Pbop=	1651.462	psi
Aj=	0.635	in ²
Dj=	10.879	in
Optimizacion Maxima Potencia hidraulica		
Presion minima en superficie=	5173.018	psi
Qu=	850.000	gpm
Pbop=	3310.732	psi
Aj=	0.449	in ²
Dj=	9.143	in

ANEXO 7. 8: Optimización Sección 8.5"-Pozos Tipo J-Campo Drago

Datos Generales						
Tamaño de la broca=	8.5	in				
Numero de boquillas=	6					
Densidad del lodo=	9.6	lpg				
Presion Disponible Max=	3400	psi				
Viscosidad=	17	cP				
Pto Casing=	10800	pies				
Qi=	340	gpm				
a) Cálculo de pérdidas de presión dentro de la sarta						
	DE	Longitud	Va	Nrea	f	Δp_a
Herramienta	in	pies	pies/seg			psi
Motor		24.59				400.00
Float Sub	2.875	3.33	16.78	25274.60	0.0072	0.87
Estabilizador	2.875	4.54	16.78	25274.60	0.0072	1.19
Mule Shoe	2.125	3.59	30.72	34195.05	0.0068	4.01
MWD		29.69				300.00
NMDC	3.250	29.91	13.13	22358.30	0.0074	4.36
Tuberia Pesada	3.000	885.07	15.41	24221.49	0.0073	189.38
Martillo	3.063	32.53	14.79	23727.18	0.0073	6.31
Tuberia de Perforacion	4.276	9786.75	7.59	16993.56	0.0078	384.03
ΔP Tuberia=						1290.15
b) Cálculo de pérdidas de presión en el espacio anular						
	DE	Longitud	Va	Nrea	f	Δp_a
Herramienta	in	pies	pies/seg			psi
Motor	6.750	24.59	5.20	4764.88	0.0104	1.47
Float Sub	6.750	3.33	5.20	4764.88	0.0104	0.20
Estabilizador	6.500	4.54	4.62	4844.30	0.0104	0.19
Mule Shoe	6.750	3.59	5.20	4764.88	0.0104	0.21
MWD	6.750	29.69	5.20	4764.88	0.0104	1.77
NMDC	6.500	29.91	4.62	4844.30	0.0104	1.23
Tuberia Pesada	5.000	885.07	2.94	5382.55	0.0101	8.20
Martillo	6.500	32.53	4.62	4844.30	0.0104	1.34
Tuberia de Perforacion	5.000	9786.75	2.94	5382.55	0.0101	90.65
ΔP Anular, psi=						105.26
ΔP Equipo Superficie=						20.57
ΔP t=						1415.98

c) Cálculos a partir de un caudal Optimo calculado

Presion Disponible		
Pb=	1984.023	psi
Qop=	206.108	gpm
Aj=	0.138	in ²
Dj=	5.471	in
Optimizacion Maxima Fuerza de Impacto		
Presion minima en superficie=	2671.655	psi
Pbop=	1255.678	psi
Qop=	236.550	gpm
Aj=	0.199	in ²
Dj=	6.571	in
Optimizacion Maxima Potencia hidraulica		
Presion minima en superficie=	3933.270	psi
Pbop=	2517.292	
Qop=	189.643	gpm
Aj=	0.113	in ²
Dj=	4.944	in

d) Cálculos a partir de caudal comunmente usado

Calculos a partir de caudal comunmente usado		
Presion Disponible		
Qu=	450.000	gpm
Pb=	1984.023	psi
Aj=	0.301	in ²
Dj=	8.084	in
Optimizacion Maxima Fuerza de Impacto		
Presion minima en superficie=	2671.655	psi
Qu=	450.000	gpm
Pbop=	1255.678	psi
Aj=	0.378	in ²
Dj=	9.063	in
Optimizacion Maxima Potencia hidraulica		
Presion minima en superficie=	3933.270	psi
Qu=	450.000	gpm
Pbop=	2517.292	psi
Aj=	0.267	in ²
Dj=	7.616	in

ANEXO 7. 9: Optimización Sección 16"-Primera Corrida"-Pozos Tipo S-Campo Drago

Datos Generales						
Tamaño de la broca=	16	in				
Numero de boquillas=	5					
Densidad del lodo=	9.5	lpg				
Presion Disponible Max=	3400	psi				
Viscosidad=	5	cP				
Pto Casing=	3900	pies				
Qi=	640	gpm				
a) Cálculo de pérdidas de presión dentro de la sarta						
	DI	Longitud	Vp	Nrep	f	Δp_t
Herramienta	in	pies	pies/seg			psi
Motor		28.36				400.00
Float Sub	2.250	3.78	51.58	204537.04	0.0047	7.78
Estabilizador\	2.750	5.30	34.53	167348.48	0.0049	4.15
Mule Shoe	3.250	3.83	24.72	141602.56	0.0051	1.35
MWD		30.00				300.00
NMDC	3.500	30.90	21.32	131488.10	0.0051	7.60
Cross Over Sub	2.875	2.96	31.59	160072.46	0.0050	1.87
Drill Collar	2.813	29.72	33.01	163629.63	0.0049	20.91
Cross Over Sub	2.781	3.72	33.76	165468.16	0.0049	2.76
Tubería pesada	3.000	883.16	29.01	153402.78	0.0050	455.68
Martillo	2.750	31.10	34.53	167348.48	0.0049	24.38
Tubería de Perforacion	4.276	2847.17	14.28	107625.90	0.0054	267.61
ΔP Tubería=						1494.10
b) Cálculo de pérdidas de presión en el espacio anular						
	DE	Longitud	Va	Nrea	f	Δp_a
Herramienta	in	pies	pies/seg			psi
Motor	9.500	28.36	1.58	18047.39	0.0077	0.03
Float Sub	9.625	3.78	1.60	17959.35	0.0077	0.00
Estabilizador\	9.000	5.30	1.49	18408.33	0.0077	0.00
Mule Shoe	9.500	3.83	1.58	18047.39	0.0077	0.00
MWD	9.625	30.00	1.60	17959.35	0.0077	0.03
NMDC	9.500	30.90	1.58	18047.39	0.0077	0.03
Cross Over Sub	7.969	2.96	1.36	19200.35	0.0076	0.00
Drill Collar	8.250	29.72	1.39	18977.66	0.0076	0.02
Cross Over Sub	8.000	3.72	1.36	19175.35	0.0076	0.00
Tubería pesada	5.000	883.16	1.13	21914.68	0.0074	0.28
Martillo	6.500	31.10	1.22	20453.70	0.0075	0.01
Tubería de Perforacion	5.000	2847.17	1.13	21914.68	0.0074	0.90
ΔP Anular, psi=						1.33
ΔP Equipo Superficie=						66.01
ΔP total=						1561.45

c) Cálculos a partir de un caudal Optimo calculado

Presion Disponible		
Pb=	1838.548	psi
Qop=	410.266	gpm
Aj=	0.283	in2
Dj=	8.595	in
Optimizacion Maxima Fuerza de Impacto		
Presion minima en superficie=	2946.136	psi
Pbop=	1384.684	psi
Qop=	445.270	gpm
Aj=	0.354	in2
Dj=	9.612	in
Optimizacion Maxima Potencia hidraulica		
Presion minima en superficie=	4337.367	psi
Pbop=	2775.915	
Qop=	356.976	gpm
Aj=	0.201	in2
Dj=	7.233	in

d) Cálculos a partir de caudal comunmente usado

Calculos a partir de caudal comunmente usado		
Presion Disponible		
Qu=	950	gpm
Pb=	1838.548	psi
Aj=	0.656	in2
Dj=	13.079	in
Optimizacion Maxima Fuerza de Impacto		
Presion minima en superficie=	2946.136	psi
Qu=	950	gpm
Pbop=	1384.684	psi
Aj=	0.756	in2
Dj=	14.040	in
Optimizacion Maxima Potencia hidraulica		
Presion minima en superficie=	4337.367	psi
Qu=	950	gpm
Pbop=	2775.915	psi
Aj=	0.534	in2
Dj=	11.799	in

ANEXO 7. 10: Optimización Sección 16"-Segunda Corrida-Pozos Tipo S-Campo Drago

Datos Generales						
Tamaño de la broca=	16	in				
Numero de boquillas=	5					
Densidad del lodo=	10.2	lpg				
Presion Disponible Max=	3400	psi				
Viscosidad=	5	cP				
Pto Casing=	6000	pies				
Qi=	640	gpm				
a) Cálculo de pérdidas de presión dentro de la sarta						
	DI	Longitud	Vp	Nrep	f	Δp_t
Herramienta	in	pies	pies/seg			psi
Motor	2.250	28.36				400.00
Float Sub	2.250	3.78	51.58	219608.19	0.0047	8.24
Estabilizador	3.125	5.52	26.74	158117.89	0.0050	2.48
Mule Shoe	3.250	3.83	24.72	152036.44	0.0050	1.42
MWD		30.00				300.00
NMDC	3.500	30.90	21.32	141176.69	0.0051	8.05
Cross Over Sub	2.875	2.96	31.59	171867.28	0.0049	1.98
Drill Collar	2.813	29.72	33.01	175686.55	0.0049	22.15
Cross Over Sub	2.781	3.72	33.76	177660.56	0.0049	2.93
Tubería pesada	3.000	883.16	29.01	164706.14	0.0049	482.59
Martillo	2.750	31.10	34.53	179679.43	0.0048	25.82
Tubería de Perforacion	4.276	4946.95	14.28	115556.23	0.0053	492.31
ΔP Tubería=						1747.97
b) Cálculo de pérdidas de presión en el espacio anular						
	DE	Longitud	Va	Nrea	f	Δp_a
Herramienta	in	pies	pies/seg			psi
Motor	9.500	28.36	1.58	19377.19	0.0076	0.03
Float Sub	9.625	3.78	1.60	19282.67	0.0076	0.00
Estabilizador\	9.718	5.52	1.62	19212.98	0.0076	0.01
Mule Shoe	9.500	3.83	1.58	19377.19	0.0076	0.00
MWD	9.625	30.00	1.60	19282.67	0.0076	0.04
NMDC	9.500	30.90	1.58	19377.19	0.0076	0.04
Cross Over Sub	7.969	2.96	1.36	20615.11	0.0075	0.00
Drill Collar	8.250	29.72	1.39	20376.02	0.0075	0.02
Cross Over Sub	8.000	3.72	1.36	20588.27	0.0075	0.00
Tubería pesada	5.000	883.16	1.13	23529.45	0.0073	0.30
Martillo	6.500	31.10	1.22	21960.82	0.0074	0.01
Tubería de Perforacion	5.000	4946.95	1.13	23529.45	0.0073	1.66
ΔP Anular, psi=						2.12
ΔP Equipo Superficie=						70.88
ΔP total=						1820.96

c) Cálculos a partir de un caudal Optimo calculado

Presion Disponible		
Pb=	1579.038	psi
Qop=	447.941	gpm
Aj=	0.346	in2
Dj=	9.497	in
Optimizacion Maxima Fuerza de Impacto		
Presion minima en superficie=	3435.777	psi
Pbop=	1614.815	psi
Qop=	445.270	gpm
Aj=	0.340	in2
Dj=	9.415	in
Optimizacion Maxima Potencia hidraulica		
Presion minima en superficie=	5058.227	psi
Pbop=	3237.266	
Qop=	356.976	gpm
Aj=	0.192	in2
Dj=	7.085	in

d) Cálculos a partir de caudal comunmente usado

Calculos a partir de caudal comunmente usado		
Presion Disponible		
Qu=	900	gpm
Pb=	1579.038	psi
Aj=	0.695	in2
Dj=	13.461	in
Optimizacion Maxima Fuerza de Impacto		
Presion minima en superficie=	3435.777	psi
Qu=	900	gpm
Pbop=	1614.815	psi
Aj=	0.687	in2
Dj=	13.386	in
Optimizacion Maxima Potencia hidraulica		
Presion minima en superficie=	5058.227	psi
Qu=	900	gpm
Pbop=	3237.266	psi
Aj=	0.485	in2
Dj=	11.249	in

ANEXO 7. 11: Optimización Sección 12.25"-Primera Corrida"-Pozos Tipo S-Campo Drago

Datos Generales Primera Corrida						
Tamaño de la broca=	12.25	in				
Numero de boquillas=	7					
Densidad del lodo=	9.6	lpg				
Presion Disponible Max=	3400	psi				
Viscosidad=	17	cP				
Fin de la Corrida=	8500	pies				
Qi=	490	gpm				
a) Cálculo de pérdidas de presión dentro de la sarta						
	DI	Longitud	Vp	Nrep	f	Δp_t
Herramienta	in	pies	pies/seg			psi
Motor		26.11				400.00
Float Sub	2.750	3.38	26.44	38080.85	0.0066	2.11
Estabilizador	2.813	6.53	25.27	37234.61	0.0066	3.66
Mule Shoe	3.063	4.26	21.32	34195.05	0.0068	1.59
MWD		30.44				300.00
NMDC	3.250	29.19	18.93	32222.26	0.0068	8.19
Cross Over Sub	2.781	3.72	25.84	37652.97	0.0066	2.20
Drill Collar	2.750	29.62	26.44	38080.85	0.0066	18.50
Tuberia Pesada	3.000	883.16	22.21	34907.44	0.0067	363.46
Martillo	2.750	31.10	26.44	38080.85	0.0066	19.42
Tuberia de Perforacion	4.276	7452.49	10.93	24490.72	0.0072	561.69
ΔP Tuberia=						1680.81
b) Cálculo de pérdidas de presión en el espacio anular						
	DE	Longitud	Va	Nrea	f	Δp_a
Herramienta	in	pies	pies/seg			psi
Motor	8.000	26.11	2.32	5171.47	0.0102	0.13
Float Sub	8.000	3.38	2.32	5171.47	0.0102	0.02
Estabilizador	8.000	6.53	2.32	5171.47	0.0102	0.03
Mule Shoe	8.000	4.26	2.32	5171.47	0.0102	0.02
MWD	8.125	30.44	2.38	5139.75	0.0102	0.16
NMDC	8.125	29.19	2.38	5139.75	0.0102	0.15
Cross Over Sub	8.000	3.72	2.32	5171.47	0.0102	0.02
Drill Collar	6.500	29.62	1.85	5585.19	0.0100	0.07
Tuberia Pesada	5.000	883.16	1.60	6070.86	0.0098	1.14
Martillo	6.500	31.10	1.85	5585.19	0.0100	0.07
Tuberia de Perforacion	5.000	7452.49	1.60	6070.86	0.0098	9.61
ΔP Anular, psi=						11.41
ΔP Equipo Superficie=						40.59
ΔP total=						1732.82

c) Cálculos a partir de un caudal Optimo calculado

Presion Disponible		
Pb=	1667.181	psi
Qop=	333.368	gpm
Aj=	0.243	in2
Dj=	6.728	in
Optimizacion Maxima Fuerza de Impacto		
Presion minima en superficie=	3269.470	psi
Pbop=	1536.651	psi
Qop=	340.910	gpm
Aj=	0.259	in2
Dj=	6.944	in
Optimizacion Maxima Potencia hidraulica		
Presion minima en superficie=	4813.386	psi
Pbop=	3080.567	
Qop=	273.309	gpm
Aj=	0.147	in2
Dj=	5.225	in

d) Cálculos a partir de caudal comunmente usado

Calculos a partir de caudal comunmente usado		
Presion Disponible		
Qu=	800.000	gpm
Pb=	1667.181	psi
Aj=	0.583	in2
Dj=	10.422	in
Optimizacion Maxima Fuerza de Impacto		
Presion minima en superficie=	3269.470	psi
Qu=	800.000	gpm
Pbop=	1536.651	psi
Aj=	0.607	in2
Dj=	10.637	in
Optimizacion Maxima Potencia hidraulica		
Presion minima en superficie=	4813.386	psi
Qu=	800.000	gpm
Pbop=	3080.567	psi
Aj=	0.429	in2
Dj=	8.939	in

ANEXO 7. 12: Optimización Sección 12.25"-Segunda Corrida-Pozos Tipo S-Campo Drago

Datos Generales Segunda Corrida						
Tamaño de la broca=	12.25	in				
Numero de boquillas=	7					
Densidad del lodo=	10	lpg				
Presion Disponible Max=	3400	psi				
Viscosidad=	19	cP				
Pto Casing=	9800	pies				
Qi=	490	gpm				
a) Cálculo de pérdidas de presión dentro de la sarta						
	DI	Longitud	Va	Nrea	f	Δp_a
Herramienta	in	pies	pies/seg			psi
Motor		26.46				400.00
Float Sub	2.688	3.39	27.68	36317.41	0.0067	2.50
Estabilizador	2.813	5.39	25.27	34703.31	0.0067	3.19
MFR+GR	2.750	30.76	26.44	35492.02	0.0067	20.30
NDT w/12" Stb	2.750	28.49	26.44	35492.02	0.0067	18.81
MWD		22.47				300.00
Cross Over Sub	2.844	1.77	24.72	34321.95	0.0067	0.99
Monel	3.250	29.19	18.93	30031.71	0.0069	8.65
Estabilizador	2.813	6.53	25.27	34703.31	0.0067	3.87
Cross Over Sub	2.781	3.72	25.85	35096.39	0.0067	2.33
Drill Collar	2.750	29.62	26.44	35492.02	0.0067	19.55
Tubería Pesada	3.000	883.16	22.21	32534.35	0.0068	384.21
Martillo	2.750	31.10	26.44	35492.02	0.0067	20.53
Tubería de Perforación	4.276	8729.05	10.93	22825.78	0.0074	695.65
ΔP Tubería=						1880.58
b) Cálculo de pérdidas de presión en el espacio anular						
	DE	Longitud	Va	Nrea	f	Δp_a
Herramienta	in	pies	pies/seg			psi
Motor	8.000	26.46	2.32	4819.90	0.0104	0.13
Float Sub	8.000	3.39	2.32	4819.90	0.0104	0.02
Estabilizador	8.000	5.39	2.32	4819.90	0.0104	0.03
MFR+GR	8.250	30.76	2.44	4761.12	0.0104	0.18
NDT w/12" Stb	8.250	28.49	2.44	4761.12	0.0104	0.17
MWD	8.250	22.47	2.44	4761.12	0.0104	0.13
Cross Over Sub	8.188	1.77	2.41	4775.68	0.0104	0.01
Monel	8.125	29.19	2.38	4790.33	0.0104	0.16
Estabilizador	8.000	6.53	2.32	4819.90	0.0104	0.03
Cross Over Sub	8.000	3.72	2.32	4819.90	0.0104	0.02
Drill Collar	6.500	29.62	1.85	5205.50	0.0102	0.07
Tubería Pesada	5.000	883.16	1.60	5658.15	0.0100	1.21
Martillo	6.500	31.10	1.85	5205.50	0.0102	0.07
Tubería de Perforación	5.000	8729.05	1.60	5658.15	0.0100	11.92
ΔP Anular, psi=						14.16
ΔP Equipo Superficie=						42.29
ΔP t=						1937.03

c) Cálculos a partir de un caudal Optimo calculado

Presion Disponible		
Pb=	1667.181	psi
Qop=	333.368	gpm
Aj=	0.243	in ²
Dj=	6.728	in
Optimizacion Maxima Fuerza de Impacto		
Presion minima en superficie=	3269.470	psi
Pbop=	1536.651	psi
Qop=	340.910	gpm
Aj=	0.259	in ²
Dj=	6.944	in
Optimizacion Maxima Potencia hidraulica		
Presion minima en superficie=	4813.386	psi
Pbop=	3080.567	
Qop=	273.309	gpm
Aj=	0.147	in ²
Dj=	5.225	in

d) Cálculos a partir de caudal comunmente usado

Calculos a partir de caudal comunmente usado		
Presion Disponible		
Qu=	800.000	gpm
Pb=	1667.181	psi
Aj=	0.583	in ²
Dj=	10.422	in
Optimizacion Maxima Fuerza de Impacto		
Presion minima en superficie=	3269.470	psi
Qu=	800.000	gpm
Pbop=	1536.651	psi
Aj=	0.607	in ²
Dj=	10.637	in
Optimizacion Maxima Potencia hidraulica		
Presion minima en superficie=	4813.386	psi
Qu=	800.000	gpm
Pbop=	3080.567	psi
Aj=	0.429	in ²
Dj=	8.939	in

ANEXO 7. 13: Optimización Sección 8.5"-Pozos Tipo S-Campo Drago

Datos Generales						
Tamaño de la broca=	8.5	in				
Numero de boquillas=	6					
Densidad del lodo=	10	lpg				
Presion Disponible Max=	3400	psi				
Viscosidad=	18	cP				
Pto Casing=	10500	pies				
Qi=	340	gpm				
a) Cálculo de pérdidas de presión dentro de la sarta						
	DI	Longitud	Va	Nrea	f	Δp_a
Herramienta	in	pies	pies/seg			psi
Motor		24.59				400.00
Float Sub	2.875	3.34	16.78	24865.06	0.0072	0.92
Estabilizador	2.844	6.86	17.15	25138.30	0.0072	1.98
Mule Shoe	3.125	3.43	14.20	22875.85	0.0074	0.63
MWD		29.80				300.00
Monel	3.250	29.96	13.13	21996.01	0.0074	4.57
Drill Collar	2.750	29.62	18.34	25995.29	0.0072	10.05
Tuberia Pesada	3.000	883.16	15.41	23829.01	0.0073	197.53
Martillo	2.750	31.66	18.34	25995.29	0.0072	10.74
Tuberia de Perforacion	4.276	9457.58	7.59	16718.20	0.0079	387.94
ΔP Tuberia=						1314.36
b) Cálculo de pérdidas de presión en el espacio anular						
	DE	Longitud	Va	Nrea	f	Δp_a
Herramienta	in	pies	pies/seg			psi
Motor	6.750	24.59	5.20	4687.67	0.0104	1.54
Float Sub	6.750	3.34	5.20	4687.67	0.0104	0.21
Estabilizador	6.500	6.86	4.62	4765.80	0.0104	0.30
Mule Shoe	6.688	3.43	5.04	4706.97	0.0104	0.19
MWD	6.750	29.80	5.20	4687.67	0.0104	1.86
Monel	6.750	29.96	5.20	4687.67	0.0104	1.87
Drill Collar	6.500	29.62	4.62	4765.80	0.0104	1.28
Tuberia Pesada	5.000	883.16	2.94	5295.34	0.0101	8.55
Martillo	6.500	31.66	4.62	4765.80	0.0104	1.36
Tuberia de Perforacion	5.000	9457.58	2.94	5295.34	0.0101	91.59
ΔP Anular, psi=						108.74
ΔP Equipo Superficie=						21.43
ΔP t=						1444.53

c) Cálculos a partir de un caudal Optimo calculado

Presion Disponible		
Pb=	1955.472	psi
Qop=	208.472	gpm
Aj=	0.143	in2
Dj=	5.579	in
Optimizacion Maxima Fuerza de Impacto		
Presion minima en superficie=	2725.525	psi
Pbop=	1280.997	psi
Qop=	236.550	gpm
Aj=	0.201	in2
Dj=	6.605	in
Optimizacion Maxima Potencia hidraulica		
Presion minima en superficie=	4012.578	psi
Pbop=	2568.050	
Qop=	189.643	gpm
Aj=	0.114	in2
Dj=	4.970	in

d) Cálculos a partir de caudal comunmente usado

Calculos a partir de caudal comunmente usado		
Presion Disponible		
Qu=	450.000	gpm
Pb=	1955.472	psi
Aj=	0.309	in2
Dj=	8.196	in
Optimizacion Maxima Fuerza de Impacto		
Presion minima en superficie=	2725.525	psi
Qu=	450.000	gpm
Pbop=	1280.997	psi
Aj=	0.382	in2
Dj=	9.110	in
Optimizacion Maxima Potencia hidraulica		
Presion minima en superficie=	4012.578	psi
Qu=	450.000	gpm
Pbop=	2568.050	psi
Aj=	0.270	in2
Dj=	7.656	in