

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA EQUINOCCIAL



**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA
CARRERA DE INGENIERÍA DE PETRÓLEOS**

**“ANÁLISIS TÉCNICO DE LOS PARÁMETROS DE HIDRÁULICA DE
PERFORACIÓN APLICADOS EN LA PERFORACIÓN DE POZOS
PETROLEROS EN EL CAMPO SHUSHUFINDI AGUARICO A PARTIR
DEL AÑO 2012”**

**TRABAJO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO DE
PETRÓLEOS**

JAVIER ALEXANDER RICAURTE OBREGÓN

DIRECTOR: ING. RAÚL BALDEÓN LÓPEZ M.Sc.

Quito, Septiembre 2014

© Universidad Tecnológica Equinoccial. 2014
Reservados todos los derechos de reproducción

DECLARACIÓN

Yo JAVIER ALEXANDER RICAURTE OBREGÓN, declaro que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

La Universidad Tecnológica Equinoccial puede hacer uso de los derechos correspondientes a este trabajo, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normativa institucional vigente.

Javier Ricaurte O.

CI: 060357829-5

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo que lleva por título "ANÁLISIS TÉCNICO DE LOS PARÁMETROS DE HIDRÁULICA DE PERFORACIÓN APLICADOS EN LA PERFORACIÓN DE POZOS PETROLEROS EN EL CAMPO SHUSHUFINDI AGUARICO A PARTIR DEL AÑO 2012" que, para aspirar al título de Ingeniero de Petróleos, fue desarrollado por Javier Alexander Ricaurte Obregón, bajo mi dirección y supervisión, en la Facultad de Ciencias de la Ingeniería; y cumple con las condiciones requeridas por el reglamento de Trabajos de Titulación artículos 18 y 25.

Ing. Raúl Baldeón L. Ms.c
DIRECTOR DEL TRABAJO



AGENCIA DE REGULACIÓN Y
CONTROL HIDROCARBURÍFERO



Oficio Nro. ARCH-DCTH-2014-0260-OF

Quito, 13 de junio de 2014

Asunto: Autorización de tema de tesis Sr Javier Ricaurte

Señor Ingeniero
Jorge Viteri Moya
Decano de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería
UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA EQUINOCCIAL
En su Despacho

De mi consideración:

En atención al oficio Nro. ARCH-DAF-GTH-0015-OF con fecha 31 de marzo del 2014, y en base al convenio existente entre las dos entidades, pongo en su conocimiento que se autoriza al Sr. JAVIER ALEXANDER RICAURTE OBREGÓN con CI:060357829-5, el desarrollo de su Tesis de Grado en la Dirección de Control Táctico de Hidrocarburos de la ARCH, con el tema: "ANÁLISIS TÉCNICO DE LOS PARÁMETROS DE HIDRÁULICA DE PERFORACIÓN APLICADOS EN LA PERFORACIÓN DE POZOS PETROLEROS EN EL CAMPO SHUSHUFINDI AGUARICO A PARTIR DEL AÑO 2012"

"Suscribo el presente oficio en virtud de la Delegación otorgada mediante la Resolución No 091-ARCH-DJ-2013 del 6 de junio del 2013, por el Ing. José Luis Cortázar, en su calidad de Director Ejecutivo de la Agencia de Regulación y Control Hidrocarburiífero"

Con sentimientos de distinguida consideración.

Atentamente.

Ing. Raúl Darío Baldeón López
DIRECTOR DE CONTROL TÉCNICO DE HIDROCARBUROS
GV

DEDICATORIA

A mi padre y a mi madre, Vicente y Mily, en retribución a su trabajo diario, a su sacrificio y a su dedicación, de quienes tengo el ejemplo más claro y cercano de amor, responsabilidad y entrega por la familia.

Al hombre de quien tengo los mejores recuerdos, las mejores lecciones, a quien tuve el honor de acompañar hasta su último aliento de vida, a quien extraño día y noche en los buenos y malos momentos desde el día de su partida, mi abuelo, Vicente Ricaurte.

A mi abuelita, Lupita, siempre alegre y cariñosa al igual que mi linda novia, María Isabel, mi motivo de sueños y anhelos, quienes junto con mi madre son las mujeres más importantes en mi vida.

Mi esfuerzo, que ha sido el suyo, es dedicado a ustedes.

J. Ricaurte

AGRADECIMIENTOS

A Dios y a mis padres Vicente y Mily en primer lugar, por ser quienes me dieron la vida y me educaron inculcándome los valores de la honestidad, la responsabilidad y el respeto, por ser mi guía, mi alivio y soporte fundamental a lo largo de los años, y por su sacrificio, que ha permitido que ésta y otras metas sean alcanzadas. A mis abuelos y abuelas, complemento ideal de mis padres, por su preocupación, generosidad y por cada detalle que hizo que la vida estudiantil sea más fácil.

A mis hermanos Sebastián y Carlos, por ser mis amigos y compañeros, por crecer juntos y por vivir juntos, por su compañía, por sus bromas y ocurrencias de todos los días, por compartir su alegría conmigo.

A mi novia, María Isabel, por su apoyo, su amor y su paz, por darme la fuerza y la estabilidad necesaria para hacer las cosas de la mejor manera, por la felicidad y los sueños compartidos y por todos los momentos que nos queda por vivir juntos.

De manera especial a mi tutor y guía académico, Ing. Raúl Baldeón López, por creer en mí, por la confianza y el apoyo brindado a lo largo de mis estudios, y por ser quien hizo posible la elaboración de este trabajo.

A los profesionales del área de perforación de la ARCH, especialmente al Ing. Einstein Barrera y al Ing. Marcelo Rosero, quienes con agrado, facilitaron la información necesaria para la ejecución de este trabajo, y sin ningún interés, brindaron su conocimiento y su guía.

A los docentes de la Carrera de Ingeniería de Petróleos y a su Coordinador, el Ing. Fausto Ramos por su trabajo y sus conocimientos impartidos y de manera especial a mis docentes asesores, Ing. Benjamín Hincapié e Ing. Roger Peñaherrera, quienes nunca se negaron a colaborar con cualquier necesidad e inquietud.

A todos, mi profundo agradecimiento,

J. Ricaurte

ÌNDICE DE CONTENIDOS

CAPÍTULO I	1
1. INTRODUCCIÓN	1
1.1. PROBLEMA.....	2
1.2. JUSTIFICACIÓN.....	3
1.3. OBJETIVOS DEL PROYECTO.....	3
1.3.1. Objetivo General.....	3
1.3.2. Objetivos Específicos	4
CAPÍTULO II	5
2. MARCO TEÓRICO	5
2.1. GENERALIDADES DEL CAMPO SHUSHUFINDI – AGUARICO	5
2.1.1. UBICACIÓN DEL CAMPO SHUSHUFINDI – AGUARICO	6
2.1.2. COLUMNA ESTRATIGRÁFICA Y LITOLOGÍA ENCONTRADA EN EL CAMPO SHUSHUFINDI - AGUARICO	7
2.1.2.1. FORMACIÓN CHALCANA.....	7
2.1.2.2. FORMACIÓN ORTEGUAZA.....	8
2.1.2.3. FORMACIÓN TIYUYACU	8
2.1.2.4. FORMACIÓN TENA	8
2.1.2.5. FORMACIÓN NAPO	9
2.1.2.6. FORMACIÓN HOLLÍN	11
2.2. HIDRÁULICA DE PERFORACIÓN	11
2.2.1. COMPONENTES DE LA HIDRÁULICA DE PERFORACIÓN	12
2.2.1.1. Sistema de Circulación	13
2.2.1.2. Sarta de Perforación	14
2.2.1.3. Espacio Anular.....	15

2.2.2.	ELEMENTOS COMPLEMENTARIOS DE LA HIDRÁULICA DE PERFORACIÓN	16
2.2.2.1.	FLUIDOS DE PERFORACIÓN	16
2.2.2.1.1.	FUNCIONES DE LOS FLUIDOS DE PERFORACIÓN	17
2.2.2.1.2.	TIPOS DE FLUIDO DE PERFORACIÓN	18
2.2.2.1.2.1.	Fluidos base agua.....	18
2.2.2.1.2.2.	Fluidos base aceite	18
2.2.2.1.2.3.	Fluidos base gas.....	18
2.2.2.1.3.	PROPIEDADES DEL FLUIDO DE PERFORACIÓN.....	19
2.2.2.1.3.1.	Densidad del lodo (MW)	19
2.2.2.1.3.2.	Viscosidad del lodo	20
2.2.2.1.3.3.	Viscosidad Embudo (FV)	20
2.2.2.1.3.4.	Viscosidad Plástica (VP).....	20
2.2.2.1.3.5.	Punto Cedente (YP).....	21
2.2.2.1.3.6.	Viscosidad a baja velocidad de corte.....	21
2.2.2.1.3.7.	Esfuerzo del gel	21
2.2.2.1.3.8.	Filtrado y pérdida de fluido.....	22
2.2.2.1.3.9.	Costra de lodo.....	22
2.2.2.1.3.10.	Nivel de pH del lodo	22
2.2.2.1.3.11.	Contenido de arena.....	23
2.2.2.1.3.12.	Contenido de aceite, agua, sólidos y arcilla	23
2.2.2.1.4.	ADITIVOS DE LOS FLUIDOS DE PERFORACIÓN	23
2.2.2.1.4.1.	Viscosificantes	23
2.2.2.1.4.2.	Densificantes o pesantes:.....	23
2.2.2.1.4.3.	Emulsificantes.....	23
2.2.2.1.4.4.	Reductores de filtrado.....	24
2.2.2.1.4.5.	Floculantes.....	24

2.2.2.1.4.6. Agentes espumantes	24
2.2.2.1.4.7. Materiales para pérdida de circulación (LCM).....	24
2.2.2.1.4.8. Lubricantes	24
2.2.2.1.4.9. Agentes liberadores de tubería.....	24
2.2.2.1.4.10. Inhibidores de control de lutitas	24
2.2.2.1.4.11. Agentes activos en superficie	24
2.2.2.1.4.12. Agentes estabilizadores	24
2.2.2.1.4.13. Adelgazantes y dispersantes	24
2.2.2.1.4.14. Agentes antiespumantes.....	25
2.2.2.1.4.15. Reductores de calcio.....	25
2.2.2.1.4.16. Inhibidores de corrosión.....	25
2.2.2.1.4.18. Bactericidas	25
2.2.2.2. BROCAS DE PERFORACIÓN.....	26
2.2.2.2.4. TIPOS DE BROCAS	26
2.2.2.2.4.1. Brocas Tricónicas	27
2.2.2.2.4.2. Bocas PDC	28
2.2.2.2.5. FACTORES QUE AFECTAN EL DESGASTE DE LAS BROCAS.....	29
2.2.2.2.5.1. Factores geológicos.....	29
2.2.2.2.5.2. Factores operativos	30
2.2.2.2.5.3. Peso sobre la broca (WOB)	30
2.2.2.2.5.4. Velocidad de rotación (RPM)	30
2.2.2.2.5.5. Limpieza en el fondo del pozo	31
2.2.2.2.5.6. Geometría del agujero	31
2.2.3. FUNCIONES DE LA HIDRÁULICA DE PERFORACIÓN	31
2.2.4. PROGRAMA DE HIDRÁULICA DE PERFORACIÓN.....	31
2.2.4.1. PARÁMETROS QUE INTERVIENEN EN EL PROGRAMA DE HIDRÁULICA DE PERFORACIÓN	32

2.2.5.	DISEÑO DE UN PROGRAMA DE PARÁMETROS DE HIDRÁULICA DE PERFORACIÓN.....	33
2.2.5.1.	PARÁMETROS DEPENDIENTES DEL SISTEMA DE CIRCULACIÓN SUPERFICIAL	33
2.2.5.1.1.	Caudal inicial (Q_i).....	33
2.2.5.1.2.	Velocidad anular (V_a)	34
2.2.5.1.3.	Número de Reynolds (Re)	34
2.2.5.1.4.	Factor de fricción (f).....	35
2.2.5.1.5.	Pérdidas de Presión (ΔP_t).....	35
2.2.5.1.6.	Presión final en la broca (P_{br}).....	36
2.2.5.1.7.	Caudal Óptimo (Q_{opt}).....	36
2.2.5.2.	PARÁMETROS HIDRÁULICOS EN LA BROCA DE PERFORACIÓN.....	37
2.2.5.2.1.	Área óptima de los jets de la broca (A_j)	37
2.2.5.2.2.	Diámetro de las boquillas (D_t).....	38
2.2.5.2.3.	Velocidad del fluido en los jets (V_n)	38
2.2.5.2.4.	Fuerza de Impacto ($I.F$)	39
2.2.5.2.5.	Caballos de fuerza hidráulica en la broca (HHP_b)	39
2.2.5.2.6.	Caballaje hidráulico por pulgada cuadrada del área de la broca (HSI).....	40
CAPÍTULO III		41
3.	METODOLOGÍA	41
3.1.	INTRODUCCIÓN	41
3.2.	ANÁLISIS TÉCNICO DE PARÁMETROS DE HIDRÁULICA APLICADOS	42
3.2.1.	Análisis del pozo SHUSHUFINDI 175D (SSFD 175D)	42
3.2.1.1.	Sección de 16".....	42
3.2.1.2.	Sección de 12 ¼ ".....	43

3.2.1.3. Sección de 8 ½ ”	44
3.2.1.4. Resultados	45
3.2.2. Análisis del pozo AGUARICO 26D (AGR 26D)	47
3.2.2.1. Sección de 16”	47
3.2.2.2. Sección de 12 ¼ ”	49
3.2.2.3. Sección de 8 ½ ”	51
3.2.2.4. Resultados	52
3.2.3. Análisis del pozo SHUSHUFINDI 124D (SSFD 124D)	53
3.2.3.1. Sección de 16”	54
3.2.3.2. Sección de 12 ¼ ”	55
3.2.3.3. Sección de 8 ½ ”	57
3.2.3.4. Resultados	58
3.2.4. Análisis del pozo SHUSHUFINDI 224D (SSFD 224D)	59
3.2.4.1. Sección de 16”	60
3.2.4.2. Sección de 12 ¼ ”	61
3.2.4.3. Sección de 8 ½ ”	62
3.2.4.4. Resultados	63
3.2.5. Análisis del pozo SHUSHUFINDI 154D (SSFD 154D)	65
3.2.5.1. Sección de 16”	65
3.2.5.2. Sección de 12 ¼ ”	67
3.2.5.3. Sección de 8 ½ ”	68
3.2.5.4. Resultados	69
3.2.6. Análisis del pozo AGUARICO 25D (AGR 25D)	70
3.2.6.1. Sección de 16”	71
3.2.6.2. Sección de 12 ¼ ”	72
3.2.6.3. Sección de 8 ½ ”	73
3.2.6.4. Resultados	74

3.2.7.	Análisis del pozo SHUSHUFINDI 246D (SSFD 246D)	75
3.2.7.1.	Sección de 16"	76
3.2.7.2.	Sección de 12 ¼ "	77
3.2.7.3.	Sección de 8 ½ "	78
3.2.7.4.	Resultados	79
3.2.8.	Análisis del pozo AGUARICO 19D (AGR 19D)	80
3.2.8.1.	Sección de 16"	81
3.2.8.2.	Sección de 12 ¼ "	82
3.2.8.3.	Sección de 8 ½ "	84
3.2.8.4.	Resultados	85
3.2.9.	Análisis del pozo SHUSHUFINDI 225D (SSFD 225D)	86
3.2.9.1.	Sección de 16"	87
3.2.9.2.	Sección de 12 ¼ "	87
3.2.9.3.	Sección de 8 ½ "	89
3.2.9.4.	Resultados	90
3.2.10.	Análisis del pozo AGUARICO 23D (AGR 23D)	91
3.2.10.1.	Sección de 16"	92
3.2.10.2.	Sección de 12 ¼ "	93
3.2.10.3.	Sección de 8 ½ "	94
3.2.10.4.	Resultados	95
3.2.11.	Análisis del pozo AGUARICO 46D (AGR 46D)	97
3.2.11.1.	Sección de 16"	97
3.2.11.2.	Sección de 12 ¼ "	98
3.2.11.3.	Sección de 8 ½ "	100
3.2.11.4.	Resultados	101
3.2.12.	Análisis del pozo AGUARICO 20D (AGR 20D)	102
3.2.12.1.	Sección de 16"	103

3.2.12.2. Sección de 12 ¼ ”	104
3.2.12.3. Sección de 8 ½ ”	105
3.2.12.4. Resultados	106
3.2.13. Análisis del pozo AGUARICO 34D (AGR 34D)	107
3.2.13.1. Sección de 16”	108
3.2.13.2. Sección de 12 ¼ ”	109
3.2.13.3. Sección de 8 ½ ”	111
3.2.13.4. Resultados	112
3.2.14. Análisis del pozo AGUARICO 5B (AGR 5B)	113
3.2.14.1. Sección de 16”	114
3.2.14.2. Sección de 12 ¼ ”	115
3.2.14.3. Sección de 8 ½ ”	116
3.2.14.4. Resultados	117
3.2.15. Análisis del pozo SHUSHUFINDI 209 D (SSFD 209D)	119
3.2.15.1. Sección de 16”	119
3.2.15.2. Sección de 12 ¼ ”	120
3.2.15.3. Sección de 8 ½ ”	122
3.2.15.4. Resultados	123
3.2.16. Análisis del pozo SHUSHUFINDI 189D (SSFD 189D)	124
3.2.16.1. Sección de 16”	125
3.2.16.2. Sección de 12 ¼ ”	126
3.2.16.3. Sección de 8 ½ ”	127
3.2.16.4. Resultados	128
3.2.17. Análisis del pozo SHUSHUFINDI 141D (SSFD 141D)	130
3.2.17.1. Sección de 16”	130
3.2.17.2. Sección de 12 ¼ ”	131
3.2.17.3. Sección de 8 ½ ”	132

3.2.17.4. Resultados	133
3.2.18. Análisis del pozo SHUSHUFINDI 247 (SSFD 247D).....	135
3.2.18.1. Sección de 16"	135
3.2.18.2. Sección de 12 ¼ "	136
3.2.18.3. Sección de 8 ½ "	137
3.2.18.4. Resultados	138
3.2.19. Análisis del pozo SHUSHUFINDI 169D (SSFD 169D)	140
3.2.19.1. Sección de 16"	140
3.2.19.2. Sección de 12 ¼ "	141
3.2.19.3. Sección de 8 ½ "	142
3.2.19.4. Resultados	143
3.2.20. Análisis del pozo SHUSHUFINDI 250D (SSFD 250D)	145
Sección de 16"	145
3.2.20.1. Sección de 12 ¼ "	146
3.2.20.2. Sección de 8 ½ "	148
3.2.20.3. Resultados	149
3.3. RESULTADOS GENERALES DE LOS PARÁMETROS DE HIDRÁULICA DE PERFORACIÓN APLICADOS	150
CAPÍTULO IV	152
4. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	152
4.1. DISEÑO DEL PROGRAMA DE PARÁMETROS DE HIDRÁULICA DE PERFORACIÓN.....	152
4.1.1. PARÁMETROS DE HIDRÁULICA CALCULADOS PARA EL POZO AGUARICO 25D (EJEMPLO DE CÁLCULO).....	152
4.1.1.1. PARÁMETROS DEL SISTEMA DE CIRCULACIÓN SUPERFICIAL.....	153
4.1.1.2. PARÁMETROS HIDRÁULICOS EN LA BROCA DE PERFORACIÓN.....	165

4.2. RESULTADOS CALCULADOS DE LOS PARÁMETROS DE HIDRÁULICA DE PERFORACIÓN DE LOS POZOS ESTUDIADOS DEL CAMPO SHUSHUFINDI – AGUARICO	179
4.2.1. PARÁMETROS CALCULADOS DEL POZO SHUSHUFINDI 175D (SSFD 175D)	180
4.2.2. PARÁMETROS CALCULADOS DEL POZO AGUARICO 26D (AGR 26D).....	182
4.2.3. PARÁMETROS CALCULADOS DEL POZO SHUSHUFINDI 124D (SSFD 124D)	184
4.2.4. PARÁMETROS CALCULADOS DEL POZO SHUSHUFINDI 224D (SSFD 224D)	186
4.2.5. PARÁMETROS CALCULADOS DEL POZO SHUSHUFINDI 154D (SSFD 154D)	188
4.2.6. PARÁMETROS CALCULADOS DEL POZO AGUARICO 25D (AGR 25D).....	190
4.2.7. PARÁMETROS CALCULADOS DEL POZO SHUSHUFINDI 246D (SSFD 246D)	192
4.2.8. PARÁMETROS CALCULADOS DEL POZO AGUARICO 19D (AGR 19D).....	194
4.2.9. PARÁMETROS CALCULADOS DEL POZO SHUSHUFINDI 225D (SSFD 225D)	196
4.2.10. PARÁMETROS CALCULADOS DEL POZO AGUARICO 23D (AGR 23D).....	198
4.2.11. PARÁMETROS CALCULADOS DEL POZO AGUARICO 46D (AGR 46D)	200
4.2.12. PARÁMETROS CALCULADOS DEL POZO AGUARICO 20D (AGR 20D).....	202
4.2.13. PARÁMETROS CALCULADOS DEL POZO AGUARICO 34D (AGR 34D).....	204

4.2.14. PARÁMETROS CALCULADOS DEL POZO AGUARICO 5B (AGR 34D).....	206
4.2.15. PARÁMETROS CALCULADOS DEL POZO SHUSHUFINDI 209D (SSFD 209D)	208
4.2.16. PARÁMETROS CALCULADOS DEL POZO SHUSHUFINDI 189D (SSFD 189D)	210
4.2.17. PARÁMETROS CALCULADOS DEL POZO SHUSHUFINDI 141D (SSFD 141D)	212
4.2.18. PARÁMETROS CALCULADOS DEL POZO SHUSHUFINDI 247D (SSFD 247D)	214
4.2.19. PARÁMETROS CALCULADOS DEL POZO SHUSHUFINDI 169D (SSFD 169D)	216
4.2.20. PARÁMETROS CALCULADOS DEL POZO SHUSHUFINDI 250D (SSFD 250D)	218
4.3. RESULTADOS GENERALES DE LOS PARÁMETROS CALCULADOS DEL CAMPO SHUSHUFINDI - AGUARICO	220
4.4. DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	221
CAPÍTULO V	228
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	228
5.1. CONCLUSIONES	228
5.2. RECOMENDACIONES.....	229
GLOSARIO	231
BIBLIOGRAFÍA	233

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1. Ubicación del Campo Shushufindi – Aguarico	6
Figura 2.2. Columna Litológica del Campo Shushufindi - Aguarico.....	7
Figura 2.3. Sistema de Circulación.....	13
Figura 2.4. Sarta de Perforación	14
Figura 2.5. Espacio Anular	16
Figura 2.6. Fluido de Perforación	17
Figura 2.7. Broca Tricónica	27
Figura 2.8. Broca PDC	28
Figura 3.1. Parámetros hidráulicos SFFD 175D – Sección 16”	43
Figura 3.2. Parámetros hidráulicos SFFD 175D – Sección 12 ¼	44
Figura 3.3. Parámetros hidráulicos SFFD 175D – Sección 8 ½	45
Figura 3.4. Parámetros hidráulicos AGR 26D – Sección 16” (Parte I)	48
Figura 3.5. Parámetros hidráulicos AGR 26D – Sección 16” (Parte II)	48
Figura 3.6. Parámetros hidráulicos AGR 26D – Sección 12 ¼ (Parte I)	49
Figura 3.7. Parámetros hidráulicos AGR 26D – Sección 12 ¼ (Parte II)	50
Figura 3.8. Parámetros hidráulicos AGR 26D – Sección 12 ¼ (Parte III)	50
Figura 3.9. Parámetros hidráulicos AGR 26D – Sección 8 ½	51
Figura 3.10. Parámetros hidráulicos SSFD 124D – Sección 16” (Parte I)	54
Figura 3.11. Parámetros hidráulicos SSFD 124D – Sección 16” (Parte II)	55
Figura 3.12. Parámetros hidráulicos SSFD 124D – Sección 12 ¼ (Parte I)	56
Figura 3.13. Parámetros hidráulicos SSFD 124D – Sección 12 ¼ (Parte II)	56
Figura 3.14. Parámetros hidráulicos SSFD 124D – Sección 8 ½ (Parte I)	57
Figura 3.15. Parámetros hidráulicos SSFD 224D – Sección 16”	60
Figura 3.16. Parámetros hidráulicos SSFD 224D – Sección 12 ¼ (Parte II)	61
Figura 3.17. Parámetros hidráulicos SSFD 224D – Sección 12 ¼ (Parte II)	62
Figura 3.18. Parámetros hidráulicos SSFD 224D – Sección 8 ½	63

Figura 3.19.	Parámetros hidráulicos SSFD 154D – Sección 16” (Parte I) ...	66
Figura 3.20.	Parámetros hidráulicos SSFD 154D – Sección 16” (Parte II) ...	66
Figura 3.21.	Parámetros hidráulicos SSFD 154D – Sección 12 ¼	67
Figura 3.22.	Parámetros hidráulicos SSFD 154D – Sección 8 ½	68
Figura 3.23.	Parámetros hidráulicos AGR 25D – Sección 16”	71
Figura 3.24.	Parámetros hidráulicos AGR 25D – Sección 12 ¼	72
Figura 3.25.	Parámetros hidráulicos AGR 25D – Sección 8 ½	73
Figura 3.26.	Parámetros hidráulicos SSFD 246D – Sección 16”	76
Figura 3.27.	Parámetros hidráulicos SSFD 246D – Sección 12 ¼ (Parte I) .	77
Figura 3.28.	Parámetros hidráulicos SSFD 246D – Sección 2 (Parte II)	78
Figura 3.29.	Parámetros hidráulicos SSFD 246D – Sección 8 ½	79
Figura 3.30.	Parámetros hidráulicos AGR 19D – Sección 16”	82
Figura 3.31.	Parámetros hidráulicos AGR 19D – Sección 12 ¼ (Parte I) ...	83
Figura 3.32.	Parámetros hidráulicos AGR 19D – Sección 12 ¼ (Parte II) ...	83
Figura 3.33.	Parámetros hidráulicos AGR 19D – Sección 8 ½	84
Figura 3.34.	Parámetros hidráulicos SSFD 225D – Sección 12 ¼ (Parte I) .	88
Figura 3.35.	Parámetros hidráulicos SSFD 225D – Sección 12 ¼ (Partell) .	88
Figura 3.36.	Parámetros hidráulicos SSFD 225D – Sección 8 ½	89
Figura 3.37.	Parámetros hidráulicos AGR 23D – Sección 16”	92
Figura 3.38.	Parámetros hidráulicos AGR 23D – Sección 12 ¼ (Parte I) ...	93
Figura 3.39.	Parámetros hidráulicos AGR 23D – Sección 12 ¼ (Partell) ...	94
Figura 3.40.	Parámetros hidráulicos AGR 23D – Sección 8 ½	95
Figura 3.41.	Parámetros hidráulicos AGR 46D – Sección 16”	98
Figura 3.42.	Parámetros hidráulicos AGR 46D – Sección 12 ¼ (Parte I) ...	99
Figura 3.43.	Parámetros hidráulicos AGR 46D – Sección 12 ¼ (Partell) ...	99
Figura 3.44.	Parámetros hidráulicos AGR 46D – Sección 8 ½	100
Figura 3.45.	Parámetros hidráulicos AGR 20D – Sección 16”	103

Figura 3.46. Parámetros hidráulicos AGR 20D – Sección 12 ¼ (Parte I) ...	104
Figura 3.47. Parámetros hidráulicos AGR 20D – Sección 12 ¼ (Partell) ...	105
Figura 3.48. Parámetros hidráulicos AGR 20D – Sección 8 ½	106
Figura 3.49. Parámetros hidráulicos AGR 34D – Sección 16”	109
Figura 3.50. Parámetros hidráulicos AGR 34D – Sección 12 ¼ (Parte I) ...	110
Figura 3.51. Parámetros hidráulicos AGR 34D – Sección 12 ¼ (Parte II) ..	110
Figura 3.52. Parámetros hidráulicos AGR 34D – Sección 8 ½	111
Figura 3.53. Parámetros hidráulicos AGR 5B – Sección 16”	114
Figura 3.54. Parámetros hidráulicos AGR 5B – Sección 12 ¼ (Parte I)	115
Figura 3.55. Parámetros hidráulicos AGR 5B – Sección 12 ¼ (Partell) ...	116
Figura 3.56. Parámetros hidráulicos AGR 5B – Sección 8 ½	117
Figura 3.57. Parámetros hidráulicos SSFD 209D – Sección 16”	120
Figura 3.58. Parámetros hidráulicos SFFD 209D – Sección 12 ¼ (Parte I)	121
Figura 3.59. Parámetros hidráulicos SFFD 209D – Sección 12 ¼ (Partell)	121
Figura 3.60. Parámetros hidráulicos SFFD 209D – Sección 8 ½	122
Figura 3.61. Parámetros hidráulicos SSFD SSFD 189D D – Sección 16”	125
Figura 3.62. Parámetros hidráulicos SSFD 189D – Sección 12 ¼ (Parte I)	126
Figura 3.63. Parámetros hidráulicos SSFD 189D – Sección 12 ¼ (Partell)	127
Figura 3.64. Parámetros hidráulicos SSFD 189D – Sección 8 ½	128
Figura 3.65. Parámetros hidráulicos SSFD 141D – Sección 16”	131
Figura 3.66. Parámetros hidráulicos SSFD 141D – Sección 12 ¼	132
Figura 3.67. Parámetros hidráulicos SSFD 141D – Sección 8 ½	133
Figura 3.68. Parámetros hidráulicos SSFD 247D – Sección 16”	136
Figura 3.69. Parámetros hidráulicos SSFD 247D – Sección 12 ¼	137

Figura 3.70. Parámetros hidráulicos SSFD 247D – Sección 8 ½	138
Figura 3.71. Parámetros hidráulicos SSFD 169D – Sección 16”	141
Figura 3.72. Parámetros hidráulicos SSFD 169D – Sección 12 ¼	142
Figura 3.73. Parámetros hidráulicos SSFD 169D – Sección 8 ½	143
Figura 3.74. Parámetros hidráulicos SSFD 250D – Sección 16”	146
Figura 3.75. Parámetros hidráulicos SSFD 169D – Sección 12 ¼ (Parte I)	147
Figura 3.76. Parámetros hidráulicos SSFD 169D – Sección 12 ¼ (Parte II)	147
Figura 3.77. Parámetros hidráulicos SSFD 250D – Sección 8 ½	148
Figura 4.1. Galonaje Calculado/Aplicado Pozos Campo Shushufindi – Aguarico.....	221
Figura 4.2. Galonaje Calculado/Aplicado Pozos Campo Shushufindi – Aguarico.....	222
Figura 4.3. Galonajes ponderados Calculado/Aplicado Pozos Campo Shushufindi – Aguarico.....	224
Figura 4.4. HSI ponderado Calculado/Aplicado Pozos Campo Shushufindi – Aguarico.....	224

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 3.1. Parámetros hidráulicos aplicados pozo SFFD 175D	46
Tabla 3.2. Parámetros hidráulicos aplicados pozo AGR 26D	52
Tabla 3.3. Parámetros hidráulicos aplicados pozo SSFD 124D	58
Tabla 3.4. Parámetros hidráulicos aplicados pozo SSFD 224D	64
Tabla 3.5. Parámetros hidráulicos aplicados pozo SSFD 154D	69
Tabla 3.6. Parámetros hidráulicos aplicados pozo AGR 25D	74
Tabla 3.7. Parámetros hidráulicos aplicados pozo SSFD 246D	80
Tabla 3.8. Parámetros hidráulicos aplicados pozo AGR 19D	85
Tabla 3.9. Parámetros hidráulicos aplicados pozo SSFD 225D	90
Tabla 3.10. Parámetros hidráulicos aplicados pozo AGR 23D	96
Tabla 3.11. Parámetros hidráulicos aplicados pozo AGR 46D	101
Tabla 3.12. Parámetros hidráulicos aplicados pozo AGR 20D	107
Tabla 3.13. Parámetros hidráulicos aplicados pozo AGR 34D	112
Tabla 3.14. Parámetros hidráulicos aplicados pozo AGR 5B	118
Tabla 3.15. Parámetros hidráulicos aplicados pozo SFFD 209D	123
Tabla 3.16. Parámetros hidráulicos aplicados pozo SSFD 189D	129
Tabla 3.17. Parámetros hidráulicos aplicados pozo SSFD 141D	134
Tabla 3.18. Parámetros hidráulicos aplicados pozo SSFD 247D	139
Tabla 3.19. Parámetros hidráulicos aplicados pozo SSFD 169D	144
Tabla 3.20. Parámetros hidráulicos aplicados pozo SSFD 250D	149

Tabla 3.21. Parámetros hidráulicos aplicados en el Campo Shushufindi – Aguarico	151
Tabla 4.1. Datos del Pozo Aguarico 25D.....	153
Tabla 4.2. Resultados calculados de parámetros de hidráulica de perforación del pozo Aguarico 25D	178
Tabla 4.3. Datos del Pozo SSFD 175D	180
Tabla 4.4. Resultados calculados de parámetros de hidráulica de perforación del pozo SSFD 175D	181
Tabla 4.5. Datos del Pozo AGR 26D	182
Tabla 4.6. Resultados calculados de parámetros de hidráulica de perforación del pozo AGR 26D	183
Tabla 4.7. Datos del Pozo SSFD 124D	184
Tabla 4.8. Resultados calculados de parámetros de hidráulica de perforación del pozo 124D	185
Tabla 4.9. Datos del Pozo SSFD 224D	186
Tabla 4.10. Resultados calculados de parámetros de hidráulica de perforación del pozo 224D	187
Tabla 4.11. Datos del Pozo SSFD 154D	188
Tabla 4.12. Resultados calculados de parámetros de hidráulica de perforación del pozo SSFD154D	189
Tabla 4.13. Datos del Pozo AGR 25D	190
Tabla 4.14. Resultados calculados de parámetros de hidráulica de perforación del pozo AGR 25D	191
Tabla 4.15. Datos del Pozo SSFD 246D	192
Tabla 4.16. Resultados calculados de parámetros de hidráulica de perforación del pozo SSFD 246D	193

Tabla 4.17. Datos del Pozo AGR 19D	194
Tabla 4.18. Resultados calculados de parámetros de hidráulica de perforación del pozo AGR 19D	195
Tabla 4.19. Datos del Pozo SSFD 225D	196
Tabla 4.20. Resultados calculados de parámetros de hidráulica de perforación del pozo SSFD 225D	197
Tabla 4.21. Datos del Pozo AGR 23D	198
Tabla 4.22. Resultados calculados de parámetros de hidráulica de perforación del pozo AGR 23D	199
Tabla 4.23. Datos del Pozo AGR	200
Tabla 4.24. Resultados calculados de parámetros de hidráulica de perforación del pozo AGR 46D	201
Tabla 4.25. Datos del Pozo AGR 20D	202
Tabla 4.26. Resultados calculados de parámetros de hidráulica de perforación del pozo AGR 20D	203
Tabla 4.27. Datos del Pozo AGR 34D	204
Tabla 4.28. Resultados calculados de parámetros de hidráulica de perforación del pozo AGR 34D	205
Tabla 4.29. Datos del Pozo AGR 5B	206
Tabla 4.30. Resultados calculados de parámetros de hidráulica de perforación del pozo AGR 5B	207
Tabla 4.31. Datos del Pozo SSFD 209D	208
Tabla 4.32. Resultados calculados de parámetros de hidráulica de perforación del pozo SSFD 209D	209
Tabla 4.33. Datos del Pozo SSFD 189D	210

Tabla 4.34. Resultados calculados de parámetros de hidráulica de perforación del pozo SSFD 189D	211
Tabla 4.35. Datos del Pozo SSFD 141D	212
Tabla 4.36. Resultados calculados de parámetros de hidráulica de perforación del pozo SSFD 141D	213
Tabla 4.37. Datos del Pozo SSFD 247D	214
Tabla 4.38. Resultados calculados de parámetros de hidráulica de perforación del pozo SSFD 247D	215
Tabla 4.39. Datos del Pozo SSFD 169D	216
Tabla 4.40. Resultados calculados de parámetros de hidráulica de perforación del pozo SSFD 169D	217
Tabla 4.41. Datos del Pozo SSFD 250D	218
Tabla 4.42. Resultados calculados de parámetros de hidráulica de perforación del pozo SSFD 250D	219
Tabla 4.43. Resultados generales calculados de parámetros de hidráulica de perforación del Campo Shushufindi – Aguarico	220
Tabla 4.44. Parámetros Calculados/Aplicados de hidráulica de perforación del Campo Shushufindi – Aguarico	223
Tabla 4.45. Matriz de parámetros de hidráulica de perforación del Campo Shushufindi – Aguarico	227

RESUMEN

El presente trabajo contiene el análisis detallado de los parámetros más importantes de la hidráulica de perforación, galonaje y HSI, aplicados sección por sección de una muestra significativa de pozos perforados en el Campo Shushufindi - Aguarico desde el año 2012 hasta el presente año.

Se realizó el análisis de los reportes finales de perforación de cada pozo, material facilitado por el área de perforación de la ARCH (Agencia de Regulación y Control Hidrocarburífero) para la realización del estudio.

Como resultado del análisis de los pozos tomados como muestra, un total de veinte pozos, se obtuvieron en forma tabulada los valores ponderados de los parámetros aplicados en cada sección durante la perforación de dichos pozos, sustentados con gráficas que presentan el registro real de los parámetros aplicados.

Como sustento y complemento, se realizó el cálculo teórico de los mismos parámetros para cada pozo, y se obtuvieron los valores calculados ponderados, lo que fue útil para realizar comparaciones técnicas entre los parámetros aplicados y los parámetros referenciales calculados.

En base al análisis realizado, se estableció una matriz de control de los parámetros óptimos de la hidráulica de perforación en el Campo Shushufindi Aguarico de forma tabulada, lo que facilita el manejo de la información, la cual puede ser utilizada para actividades de control y monitoreo por el personal profesional del aérea de perforación de la ARCH o para ser tomados como referencia para la perforación de nuevos pozos en el Campo Shushufindi Aguarico.

ABSTRACT

This paper contains a detailed analysis of the most important parameters of hydraulic drilling, such as, HSI and gallonage, applied section by section in a significant sample of wells drilled in the oilfield Shushufindi - Aguarico from 2012 until the current year.

It was performed the analysis of the final drilling reports of each well, material provided by the drilling area of ARCH (Hydrocarbon Agency for Regulation and Control) for carrying out the study.

As a result of analysis of sampled wells, a total of twenty, were obtained as weighted values tabulated parameters applied to each section during drilling of the wells, supported with graphs showing the actual record of the parameters applied.

In support, the theoretical calculation of these parameters for each well was performed and weighted calculated values was obtained, which was useful for making techniques comparisons between applied and parameters calculated reference parameters.

Based on the analysis, a matrix of optimal control parameters of hydraulic drilling Shushufindi - Aguarico oilfield was established in tabular form, which facilitates the management of information, which can be used to control activities and monitoring by the professional staff of drilling area of ARCH or to be taken as reference for drilling new wells in the Shushufindi - Aguarico oilfield.

CAPÍTULO I

1. INTRODUCCIÓN

El presente, es un estudio planteado por la Agencia de Regulación y Control Hidrocarburífero (ARCH), debido a la necesidad de establecer los parámetros técnicos operacionales óptimos para la aplicación de la hidráulica de perforación en la construcción de pozos en el Campo Shushufindi - Aguarico.

La perforación de pozos petroleros requiere de una hidráulica que cumpla con los objetivos de mejorar la eficiencia de las brocas de perforación y proveer un eficiente acarreo de los recortes de formación a la superficie. El sistema hidráulico está integrado por el equipo superficial, la sarta de perforación, y el espacio anular.

El cálculo hidráulico en este sistema define la potencia hidráulica del flujo del fluido de perforación que promueva la óptima remoción de recortes, incremento en la velocidad de penetración y en la vida de la broca. En consecuencia, una reducción del tiempo total de la perforación.

Los costos del fluido de perforación y todos los demás componentes que intervienen en la hidráulica de perforación de un pozo, son de los más importantes a considerar en el presupuesto de construcción de un pozo.

Un manejo adecuado de los parámetros de la hidráulica durante la perforación permite que otros equipos y parámetros de perforación se efectúen de manera eficiente, tales como: el desgaste de las brocas, la limpieza del pozo, el análisis adecuado de los rípios o recortes de perforación en superficie, una mejor rata de penetración en la formación, una buena consolidación de las paredes del pozo debido a la costra de lodo e incluso un control adecuado de la presión de formación.

La optimización, eficiencia y el uso adecuado de los parámetros que intervienen en la perforación de un pozo se traducen finalmente en la optimización de recursos económicos, y considerando que la construcción de

un pozo de petróleo constituye una de las operaciones más costosas y riesgosas dentro de la industria petrolera, es fundamental el manejo adecuado y la determinación de los parámetros óptimos que intervienen en estas operaciones para su aplicación y control en la futura perforación de pozos en el Campo Shushufindi - Aguarico.

1.1. PROBLEMA

En la industria petrolera la eficiencia de los procesos se mide en base a la cantidad de recursos empleados para obtener un producto o servicio final que represente ingresos económicos a las empresas operadoras en los que se incluyen los costos de operación, mantenimientos posteriores o remediación de una operación incorrecta.

Las empresas prestadoras de servicios tienen un amplio margen de utilización de recursos en operaciones relacionadas a la perforación de pozos, la cual afecta directamente al Estado, quien es el encargado de cubrir con todos los costos de la perforación de un pozo.

El problema radica en que a pesar de tener características similares en las formaciones de los pozos perforados dentro de un mismo campo, en este caso en el Campo Shushufindi - Aguarico, los parámetros utilizados en la hidráulica de perforación de cada pozo presentan ciertas variaciones operacionales entre sí, por lo que es necesario contar con información resumida acerca de los parámetros hidráulicos utilizados en el campo, comprobar que los parámetros sean los adecuados y establecer una matriz de control de dichos parámetros que sea útil para el control, monitoreo y seguimiento de los mismos en la perforación de nuevos pozos en el Campo Shushufindi – Aguarico.

1.2. JUSTIFICACIÓN

La perforación de pozos de petróleo es una de las operaciones más costosas, más riesgosas, y por ende una de las que necesita de mayor control y seguimiento. Esta operación, debido a su rango de complejidad, incluye varias áreas de conocimiento y aplicación técnica, en la que intervienen, en la mayoría de las ocasiones, equipos multidisciplinarios que forman parte de distintas compañías, en mayoría empresas internacionales, encargadas de la utilización de los más sofisticados equipos y herramientas disponibles en la actualidad, lo que nos da una idea del costo de realizar una perforación de un pozo y de su importancia dentro de la industria.

Es necesario además, establecer una matriz de parámetros y condiciones óptimas, basadas en el tipo de hidráulicas utilizadas en pozos ya perforados, las cuales comprobarán mediante cálculos y resultados de campo que son las más adecuadas para aplicar en esta zona del Oriente, la misma matriz permitirá realizar el control y fiscalización de los parámetros de hidráulica ya mencionados dentro de los procesos de perforación de pozos, actividades principales de la ARCH.

1.3. OBJETIVOS DEL PROYECTO

A continuación se planten los objetivos que se desea alcanzar con el presente estudio:

1.3.1. Objetivo General

Establecer los parámetros óptimos de la hidráulica de perforación de pozos petroleros en el Campo Shushufindi Aguarico.

1.3.2. Objetivos Específicos

- Identificar los parámetros de hidráulica aplicados en la perforación de pozos petroleros en el Campo Shushufindi Aguarico desde el año 2012, para obtener una base de datos ordenada y tabulada que permita facilitar el manejo de la información.
- Realizar un análisis comparativo de los parámetros que forman parte de los parámetros de hidráulica de los pozos perforados durante el tiempo establecido para el estudio en el Campo Shushufindi Aguarico.
- Proponer una matriz de control de parámetros óptimos de hidráulica de perforación, basados en un análisis comparativo y comprobado mediante cálculo para ser aplicados en la perforación de nuevos pozos en el Campo Shushufindi Aguarico.
- Emitir conclusiones y recomendaciones basadas en los cálculos y datos de campo obtenidos del estudio.

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1. GENERALIDADES DEL CAMPO SHUSHUFINDI – AGUARICO

El Campo Shushufindi – Aguarico es el campo más grande del país, fue descubierto por la Compañía Texaco – Gulf el 4 de Diciembre de 1968 con el pozo exploratorio SSFD – 1, el cual tuvo una profundidad de 9972 pies. Las pruebas se efectuaron a partir del 10 de Enero del año siguiente, siendo completado el 13 de Enero de 1969, obteniendo una producción de 2621 BPPD con un API de 32,5 grados y 2496 BPPD de 26,6 grados API de los reservorios “T” y “U” respectivamente.

El crudo del reservorio “T” es de 26 a 32 grados API, mientras que del reservorio “U” varía entre 24 y 31 grados API, con predominios menores a 30 grados API, lo que se refleja en el contenido de azufre, que se encuentra en el rango de 1,10 a 1,22% en peso para el crudo de la arena “U”, y 0,52 a 0,54% de la arena “T”. Por esto se define el crudo del yacimiento “T” es de mejor calidad que el crudo del yacimiento “U”.

La presión de reservorio está en alrededor de 2634 psi y la presión de burbuja en 700 psi para la arena “T” y 3867 psi la presión de reservorio con 695 de presión de burbuja para la arena “U”.

Actualmente está a cargo de la operadora estatal EP PETROAMAZONAS teniendo como contratista principal al Consorcio Shushufindi S.A, que opera desde el mes de Febrero del año 2012, fecha desde la cual se encuentran los pozos perforados analizados en el presente estudio.

Se estimó una reserva inicial de 3MM Bls. In Situ, valor que varía constantemente con la perforación de nuevos pozos y la actualización de reservas.

2.1.1. UBICACIÓN DEL CAMPO SHUSHUFINDI – AGUARICO

El Campo Shushufindi – Aguarico se encuentra en las Provincias de Sucumbios y Orellana a 250 km. Al Noroeste de Quito, se encuentra rodeado por otros Campos importantes: Campo Sacha al Este y al Noreste, el Campo Atapi al Sur y el Campo Libertador al Suroeste. Sus coordenadas UTM son las Sigüientes: Norte: 9998000 N; al Sur: 99666000 N; al Este: 326000 E y al Oeste: 309000 E.

La Figura 2.1, muestra gráficamente la ubicación en el Mapa Catastral Petrolero del Campo Shushufindi – Aguarico.

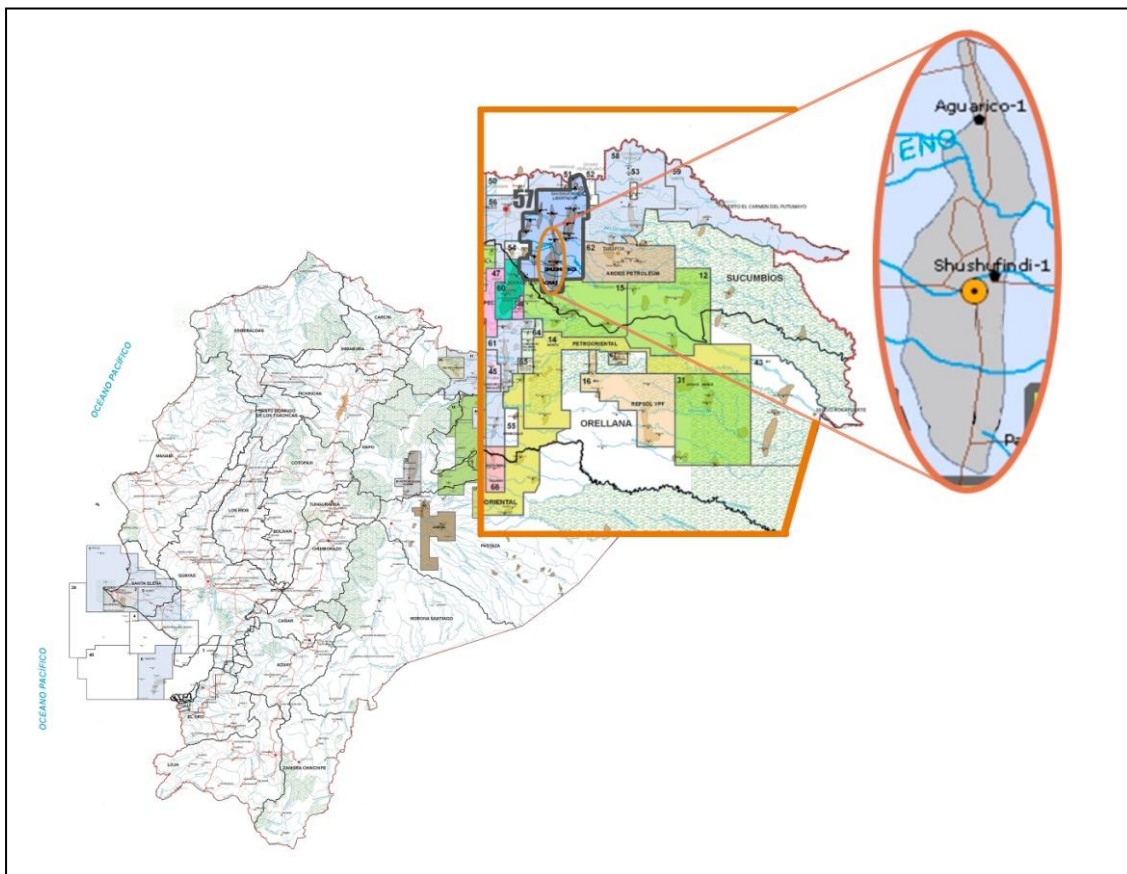


Figura 2.1. Ubicación del Campo Shushufindi – Aguarico.
Fuente: (SHE, 2014)

2.1.2. COLUMNA ESTRATIGRÁFICA Y LITOLOGÍA ENCONTRADA EN EL CAMPO SHUSHUFINDI - AGUARICO

En el Campo Shushufindi – Aguarico se presentan las formaciones descritas a continuación en la Figura 2.2.

Formaciones	Unidades	Litología
Chalcana		Arcillolitas y limolitas, intercalados con finos lentes de areniscas finas
Orteguaza		Lutitas gris verdosas, endurecidas, intercaladas con areniscas
Tiyuyacu	Conglomerado Sup	Conglomerados con proporciones de areniscas y limolitas y arcillolitas
	Conglomerado Inf	Conglomerados: 90% cherts rojizos, 10% de cuarzos lechosos, con proporciones de areniscas y limolitas y arcillolitas.
Tena	Tena Superior	Arcillolita y limolita, Predomina café rojizo, chocolate, menor crema, crema moteado con café rojizo, ocasionalmente ladrillo, café amarillento, firme a moderadamente firme, irregular a sub bloque, asociado con anhidrita, gradando a arenisca de grano fino a muy fino.
	Basal Tena	Arenisca de color gris, cuarzoso, de grano fino a muy fino.
Napó	Caliza M1	Caliza crema, crema moteada con gris, café cremoso, dura a moderadamente dura, ocasionalmente suave, bloque - sub bloque, textura grainstone – packstone, ocasionalmente mudstone, micritica.
	Caliza M2	Caliza gris oscura, gris claro, ocasionalmente crema, moderadamente dura a dura, ocasionalmente suave, sub bloque – bloque, textura packstone, - wackstone.
	Caliza A	Caliza de color crema, gris oscuro, café oscura, moderadamente dura a dura, ocasionalmente suave, blocosa a subblocosa, de grainstone a packstone, ocasionalmente microcristalina, sublaminar, la porosidad no es visible, ocasionalmente asociada con glauconita.
	U Superior	Arenisca cuarzosa gris oscura, café clara, gris verdosa, blanca translúcida, grano fino sub-redondeada, con inclusiones de glauconita.
	U Inferior	Arenisca cuarzosa, translúcida, de grano fino a muy fino, con trazas de ámbar, carbón y pirita.
	Caliza B	Caliza gris oscura, menor gris moteada con crema, firme a moderadamente dura, subblocosa a blocosa, textura lodosa, porosidad no visible
	T Superior	Arenisca cuarzosa, grano fino, sub-angular a sub-redondeado, matriz calcárea, con inclusiones de glauconita.
T Inferior	Arenisca cuarzosa, translúcida, transparente, grano fino a muy fino. Trazas de ámbar, carbón y pirita.	
Hollín	H Superior	Areniscas glauconíticas, lutitas y calizas.

Figura 2.2. Columna Litológica del Campo Shushufindi – Aguarico.
Fuente: (ARCH, 2014)

2.1.2.1. FORMACIÓN CHALCANA

Esta formación está compuesta en su mayoría de arcillolitas, intercaladas con limolita y cierta presencia de anhidrita. La formación presenta dos miembros bien definidos, Chalcana Superior y Chalcana Inferior. La arcillolita se presenta de moderadamente dura a suave, sub-blocosa a irregular, textura cerosa, moderadamente calcárea.

La limolita es dura, irregular a sub-glucosa, textura terrosa, moderadamente calcárea, localmente gradando a arenisca de grano muy fino. La arenisca se presenta suelta, de grano fino a muy fino, cuarzosa, sub-redondeada, regular sección, matriz y cemento no visible, profundidad no visible, porosidad no visible y sin manifestación de hidrocarburos. Se encuentra anhidritas moderadamente duras, sub-glucosa a irregular.

2.1.2.2. FORMACIÓN ORTEGUAZA

Esta formación pertenece a la edad del Oligoceno dentro del periodo del palogeno. Esta formación presenta un espesor aproximado de 50 a 500 pies. Entre las características litológicas que presenta esta sección encontramos arenisca de grano fino con cemento calcáreo, lutita de color café y gris verdoso, arenisca de grano fino a muy fino con trazas de material carbonáceo.

2.1.2.3. FORMACIÓN TIYUYACU

Esta formación presenta gran variedad de características litológicas, las mismas que en orden inverso de deposición son: lutita de color gris verdoso con trazas de pirita e intercalaciones de areniscas de grano fino a medio de color plomo, arcillolita de color rojo violeta y en la base se presenta conglomerado de cuarzo y chert de color amarillo y rojo.

El espesor promedio de esta formación es de 100 a 1500 pies y pertenece a la edad del Oligoceno al Eoceno, el ambiente deposicional en esta formación es Continental.

2.1.2.4. FORMACIÓN TENA

Esta formación comprende un miembro "Tena Superior" y "Basal Tena". El miembro superior consiste en limolitas y areniscas de grano más grueso que el miembro inferior, además presenta arcillolitas color café chocolate y conglomerados de cuarzo. Esta parte de la formación pertenece a la edad del

Paleoceno y constituye la base de la era Cenozoica. El ambiente de depositación aquí es Continental.

El miembro "Basal Tena" consiste en limolitas de color marrón rojizo y areniscas rojas de grano fino y descansa en concordancia sobre las areniscas y limolitas. El ambiente de depositación de esta parte de la formación es Continental a Marina Somera. La era Mesozoica tiene sus comienzos en la parte inferior de Tena, además esta pertenece a la edad Cretácica, Es importante mencionar que en esta arena se puede dar la presencia de hidrocarburos.

La formación Tena tiene un espesor aproximado de 400 a 3200 pies.

2.1.2.5. FORMACIÓN NAPO

La formación Napo descansa en concordancia sobre la formación Hollín. Consiste alrededor de 500 a 2500 pies de lutitas y calizas con intercalaciones de areniscas. La formación Napo es facilmen reconocible por la presencia de reflectores fuertes que corresponden a niveles de calizas. Esta formación pertenece al período comprendido entre el Cretácico Medio al Superior, marcando el inicio de la era Mesozoicapo

La arena Napo se divide en cuatro miembros que corresponden a secuencias marinas de aguas poco profundas. Estos miembros son:

Napo Superior, Napo Medio, Napo Inferior, Napo Basal, estos miembros se describen brevemente a continuación:

Napo Superior: La formación Napo Superior, incluye las Calizas "M1" de la zona subandina, a las lutitas de Napo Superior, y las areniscas superiores del Grupo Napo. La base de la formación Napo Superior está definida por el tope del último banco calcáreo de la caliza "M2", mientras que su tope es la discontinuidad erosiva mayor de la base de la formación Tena, localmente expresadas por las arenas en "Basal Tena".

La formación Napo Superior incluye tres o cuatro sedimentarias transgresivas-regresivas, cada una separada por discontinuidades a veces erosivas. Corresponden respectivamente a la caliza "M1" y a la parte superior de las areniscas "M1".

Napo Medio: Esta formación presenta las calizas "A" y "M2", mismas que tienen una gran extensión geográfica y pasarán rápidamente hacia el Este a lutitas y margas laminadas muy similares a las lutitas de la formación Napo Superior. La base de la formación está definida por el primer banco calcáreo masivo de la caliza "A" y su tope está definido por el tope del último banco masivo de las calizas "M2", bien reconocidas en el Campo. La formación Napo Medio corresponde a dos secuencias de transgresión y progradación de plataforma carbonatada, Caliza "A" y "M2" respectivamente.

Napo Inferior: En el grupo Napo, la formación "Napo Basal" se encuentra bajo la formación Napo Inferior, que incluye las Calizas "B", las lutitas "U" y las areniscas "U". Su base está definida por el tope del último banco masivo de la arenisca "T", que coinciden generalmente con la base de un nivel lutítico intercalado entre las areniscas "T" y las calizas "B".

Napo Basal: Esta incluye la arenisca Basal, las lutitas negras y las areniscas "T". Su base está definida por el tope del último banco arenoso masivo de la formación Hollín y su tope lo constituye el tope del último banco de areniscas masivas de la arenisca "T".

En la zona sub-andina en el Sur Oriente, el tope de las arenas basales comprende un nivel calcáreo.

En las mismas zonas, la parte superior de las lutitas Napo Basal está constituida por una secuencia o estrato creciente de margas y calizas "T" por su proximidad por las arenas "T". La formación Napo Basal tal como está definida ahora corresponde más o menos a un primer ciclo sedimentario transgresivo-regresivo, cuyo tope podría coincidir con una buena línea de tiempo.

2.1.2.6. FORMACIÓN HOLLÍN

La formación Hollín es la base de la edad del Cretácico dentro de la edad del Mesozoico, el ambiente de depositación es Marino Transgresivo, las areniscas gruesas de la parte inferior son continentales en tanto que la parte superior del grano más fino fue depositada en medio Marino Litoral.

El espesor aproximado es de 270 a 480 pies, está principalmente constituida por areniscas cuarzosas blancas de grano medio a grueso, masivo con estratificación cruzada. Se caracteriza también por la presencia de capas guijarras delgadas e intercalaciones de lutita, limonitas y arenas negras impregnadas de asfalto.

2.2. HIDRÁULICA DE PERFORACIÓN

Se denomina hidráulica de perforación al mecanismo por el cual se utiliza un fluido, en este caso un fluido de perforación, para transportar presiones desde la superficie hasta la broca de perforación. Una aplicación correcta de la hidráulica de perforación consiste en manejar las caídas de presión en la broca, de tal forma que las presiones generadas en superficie por el equipo de bombeo sean transmitidas eficientemente hasta el fondo del pozo para garantizar su correcta limpieza.

La perforación de pozos petroleros requiere de una hidráulica que cumpla con los objetivos de mejorar la eficiencia de las brocas de perforación y proveer un eficiente acarreo de los recortes de formación a la superficie. El sistema hidráulico está integrado por el equipo superficial, la sarta de perforación, y el espacio anular.

Se puede llevar a cabo el control adecuado de los parámetros de hidráulica de perforación mediante dos métodos:

- **Maximizar la potencia hidráulica en la broca:** mediante este método se asume que la velocidad de penetración de la broca puede incrementarse

con la potencia hidráulica, ya que los recortes son removidos casi al mismo tiempo de que se generan.

El criterio aplicado consiste en el cálculo óptimo del diámetro de los jets de la broca para obtener la máxima potencia hidráulica en la misma. Para maximizar la potencia hidráulica se varía los caudales de la bomba y el tamaño de los jets de la broca.

Este método debe adoptarse para uso en formaciones blandas a medias, en pozos profundos con alta presión hidrostática, con bajos ROP (menores a 27 pies/hora), agujeros de diámetro reducido y bajo volumen de recortes.

- **Maximizar la fuerza de impacto del chorro del lodo en el fondo del pozo:** este método considera que la remoción de los recortes de perforación depende de la fuerza con la que el fluido impacta en el fondo del pozo.

Este método debe adoptarse en formaciones medias a duras, en pozos someros con bajas presiones hidrostáticas, altas velocidades de penetración (mayores a 27 pies/hora), agujeros de mayores diámetros y altos volúmenes de recortes.

La finalidad de la aplicación adecuada de los parámetros de hidráulica de perforación es el incremento del ROP, mediante la limpieza adecuada del fondo del pozo, lo que trae como resultado la disminución de los tiempos de perforación y por ende una disminución de los costos.

2.2.1. COMPONENTES DE LA HIDRÁULICA DE PERFORACIÓN

La hidráulica de perforación tiene componentes en superficie y en fondo, el principal componente superficial es el sistema de circulación, el cual provee de la energía necesaria al fluido de perforación para que llegue al fondo del pozo y se ejecute la limpieza del fondo del pozo mediante dos componentes de fondo que son: la sarta de perforación y el espacio anular.

2.2.1.1. Sistema de Circulación

El sistema de circulación proporciona los equipos, materiales y áreas de trabajo necesarias para la preparación, mantenimiento y verificación de características físicas y de las propiedades de los fluidos de perforación.

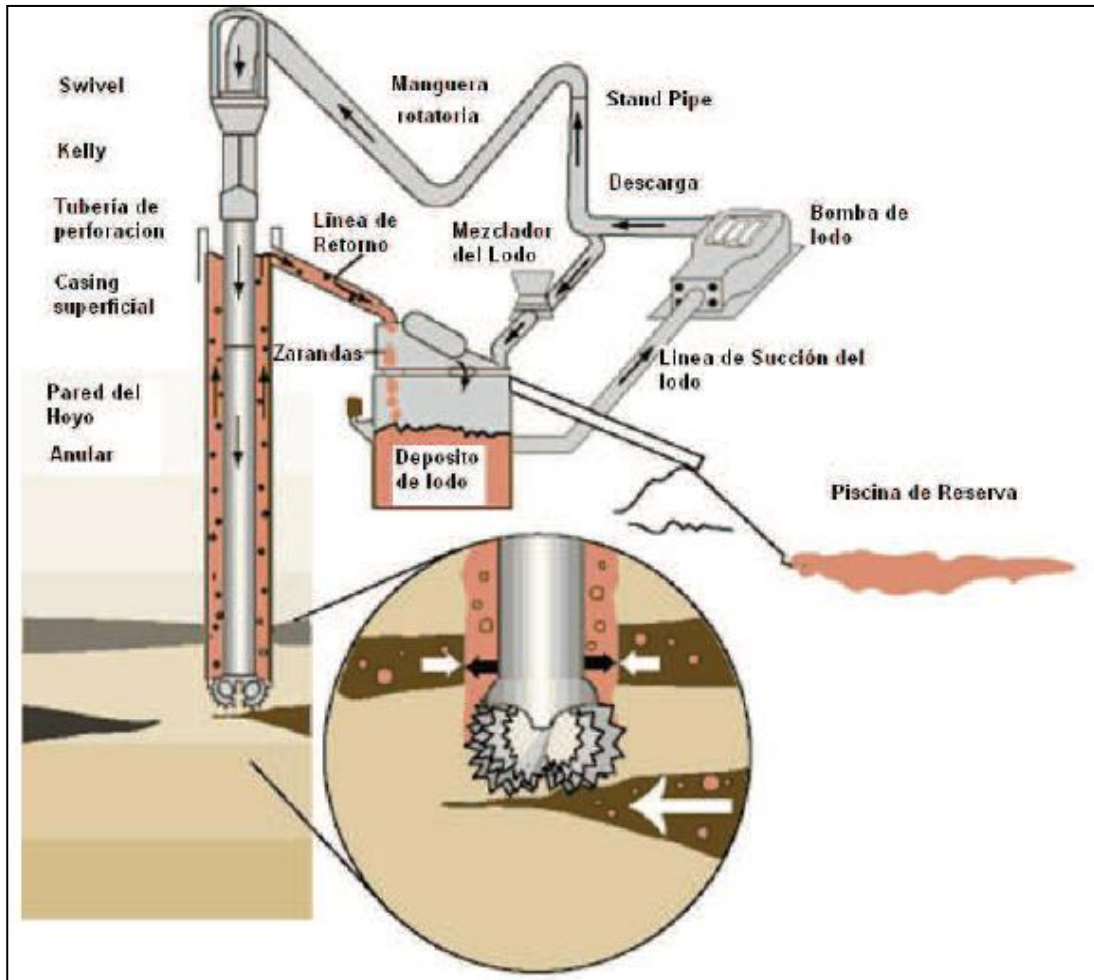


Figura 2.3. Sistema de Circulación

Fuente: (PEMEX, 2000)

Las funciones del sistema circulatorio son:

- Elaborar el fluido de perforación.
- Tratar el lodo de perforación de retorno en superficie.
- Mantener propiedades adecuadas del fluido de perforación.
- Tratar químicamente al fluido de perforación.
- Bombear el fluido al pozo.

El sistema de circulación se compone de las siguientes partes:

- Área de elaboración y preparación del fluido de perforación.
- Equipos del sistema de circulación.
- Área de reacondicionamiento y tratamiento del fluido de perforación.
- Fluido de perforación.

2.2.1.2. Sarta de Perforación

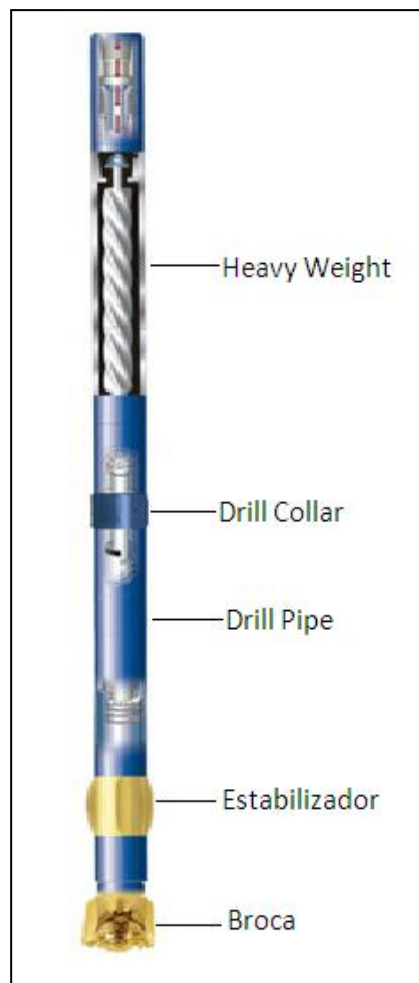


Figura 2.4. Sarta de Perforación

Fuente: (SCHLUMBERGER, 2013)

Son componentes metálicos armados secuencialmente que conforman el ensamblaje de fondo (BHA) y la tubería de perforación. Sirve como enlace

mecánico que conecta a la broca de perforación que está en el fondo con el sistema de impulsión rotario que está en superficie.

La sarta de perforación tiene las siguientes funciones:

- a) Transmitir rotación a la broca.
- b) Transmitir y soportar cargas axiales.
- c) Transmitir y soportar cargas de torsión.
- d) Colocar el peso sobre la broca para perforar.
- e) Guiar y controlar la trayectoria del pozo.
- f) Permitir la circulación del fluido para limpiar el fondo del pozo y enfriar y lubricar la broca de perforación.

Generalmente las sartas de perforación están compuestas de lo siguiente:

- a) Broca de perforación
- b) Botellas de perforación (Drill Collars)
- c) Tubería de transición (Heavy Weight)
- d) Tubería de perforación (Drill Pipe)
- e) Herramientas especiales

2.2.1.3. Espacio Anular

Es el espacio existente entre dos objetos concéntricos, tal como el espacio entre el pozo y la tubería de revestimiento o entre la tubería de revestimiento y la tubería de producción, donde puede fluir el fluido.

Por el espacio anular fluyen los recortes de perforación desde el fondo hacia la superficie, arrastrados por el lodo de perforación.

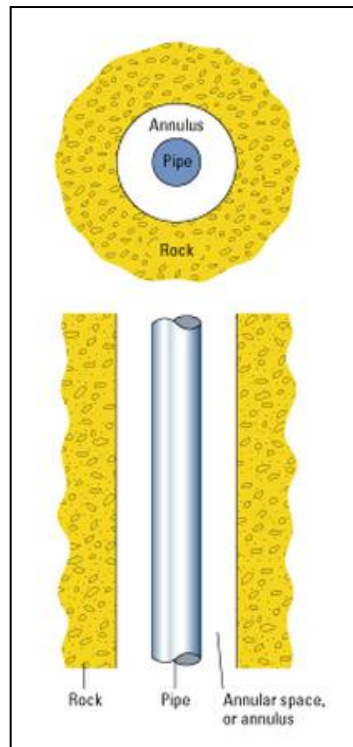


Figura 2.5. Espacio Anular

Fuente: (SCHLUMBERGER, 2013)

2.2.2. ELEMENTOS COMPLEMENTARIOS DE LA HIDRÁULICA DE PERFORACIÓN

Se pueden considerar los siguientes:

2.2.2.1. FLUIDOS DE PERFORACIÓN

Un fluido de perforación es aquel empleado en la perforación para desempeñar funciones específicas durante dicha operación. Los fluidos de perforación líquidos, se les denomina como lodos de perforación y se componen principalmente por una mezcla de dos fases.

La fase líquida o fase continua que puede ser agua, aceite o emulsión de estos, y una fase sólida o fase dispersa que contiene la mayoría de los aditivos que brindan las propiedades requeridas para una óptima operación.



Figura 2.6. Fluido de perforación

Fuente: (MI SWACO, 2008)

2.2.2.1.1. FUNCIONES DE LOS FLUIDOS DE PERFORACIÓN

Las funciones más importantes que cumple un fluido de perforación son:

- a. Refrigerar y lubricar la broca y sarta de perforación.
- b. Limpieza del fondo del pozo.
- c. Control de presiones de fondo.
- d. Revestir la pared del pozo con una costra adecuada de lodo.
- e. Soporte de las paredes del hoyo.
- f. Ayudar al soporte del peso de la sarta.
- g. Transportar y remover los recortes de perforación.
- h. Transmitir energía hidráulica a la broca.
- i. Estabilidad del pozo.
- j. Protección y evaluación de las formaciones.

2.2.2.1.2. TIPOS DE FLUIDO DE PERFORACIÓN

Básicamente existen tres tipos de fluido de perforación:

2.2.2.1.2.1. Fluidos base agua: Fluidos base agua: Los fluidos base agua tiene como su fase continúa el agua, que es uno de los mejores fluidos básicos utilizados en perforación por su abundancia, bajo costo y el bajo impacto ambiental. El agua debe ser de buena calidad ya que las sales que pueda tener, como calcio, magnesio, cloruros, tienden a disminuir las buenas propiedades requeridas para cumplir con las propiedades de un fluido de perforación.

Para complementar las propiedades requeridas se utilizan materiales diversos llamados aditivos.

2.2.2.1.2.2. Fluidos base aceite: Los fluidos base aceite son lodos que tienen como fase continúa un aceite como el diésel o un aceite mineral. En las propiedades de los lodos base aceite influye lo siguiente:

- a) Relación aceite/agua
- b) Tipo y concentración del emulsionante
- c) Contenido en sólidos
- d) Temperatura y presión pozo abajo

2.2.2.1.2.3. Fluidos base gas: La fase continua utilizada es gas, en conjunto con diferentes proporciones de agua, agentes surfactantes o espumantes. El gas puede ser aire, gas natural, nitrógeno o dióxido de carbono, estos se emplean para perforar formaciones duras y secas o para combatir zonas de pérdida de circulación.

2.2.2.1.3. PROPIEDADES DEL FLUIDO DE PERFORACIÓN

2.2.2.1.3.1. Densidad del lodo (MW)

La densidad del lodo es el factor independiente más importante para controlar las presiones de formación a lo largo de toda la profundidad del pozo. La barita es el sólido comúnmente usado para incrementar la densidad del lodo.

Para una óptima disolución o reducción de densidad, los lodos densificados se tratan químicamente. Cuando los productos químicos no funcionan, se puede añadir agua para reducir el peso del lodo y para recuperar el agua que se haya perdido. Las centrifugas pueden ser utilizadas para remover del lodo las partículas sólidas que estén en exceso.

Se puede determinar matemáticamente como:

$$MW = \frac{P}{0.052 * TVD} \quad (\text{Ec. 2.1})$$

Dónde:

MW= Densidad del lodo, ppg.

P= Presión de fondo, psi.

TVD= Profundidad vertical verdadera, pies.

P (presión), se obtiene a partir de:

$$P = 0.4333 * TVD \quad (\text{Ec. 2.2})$$

Dónde:

P= Presión, psi.

TVD= Profundidad total verdadera, pies.

2.2.2.1.3.2. Viscosidad del lodo

La viscosidad se puede describir como la resistencia al flujo del lodo de perforación. En las operaciones de campo, los términos de viscosidad se usan para describir las propiedades reológicas del fluido de perforación.

2.2.2.1.3.3. Viscosidad Embudo (FV)

Se mide usando el viscosímetro de Marsh. La viscosidad de embudo se usa como indicador relativo de la condición del fluido. No proporciona suficiente información para determinar las propiedades reológicas o las características de flujo de los fluidos. Su uso frecuente es para detectar los cambios relativos en las propiedades del fluido. Ningún valor en particular de la viscosidad se puede adoptar como un valor representativo de todos los fluidos.

2.2.2.1.3.4. Viscosidad Plástica (VP)

Se describe generalmente como la parte de la resistencia al flujo que es causada por la fricción mecánica. Es afectada principalmente por:

- a) Concentración de sólidos
- b) Tamaño y forma de los sólidos
- c) Viscosidad de la fase fluida
- d) Presencia de polímeros de cadena larga
- e) Relaciones aceite-agua (A/A) o sintético-agua (S/A) en los fluidos de emulsión inversa

La fase sólida es la más importante para evaluar el fluido. Un aumento de la viscosidad plástica puede significar un aumento del volumen de sólidos, reducción del tamaño de partículas de los sólidos, un cambio en la forma de las partículas o una combinación de estos efectos. Cualquier aumento del área superficial total de los sólidos expuestos se reflejará en un aumento de la viscosidad plástica.

2.2.2.1.3.5. Punto Cedente (YP)

El punto cedente o Yield Point, segundo componente de resistencia al flujo en un fluido de perforación, es una medida de las fuerzas electroquímicas o de atracción en un fluido. Estas fuerzas son resultado de cargas negativas y positivas ubicadas en o cerca de las superficies de las partículas. Esta propiedad es una medida de estas fuerzas bajo las condiciones del flujo y depende de:

- a) Las propiedades superficiales de los sólidos del fluido
- b) Concentración volumétrica de los sólidos
- c) Ambiente eléctrico de los sólidos (concentración y tipos de iones en la fase fluida del fluido)

2.2.2.1.3.6. Viscosidad a baja velocidad de corte y viscosidad a muy baja velocidad de corte (LSRV)

Es un parámetro utilizado en la perforación direccional moderna como indicador de la eficiencia en la limpieza del pozo. Los estudios que se han realizado en laboratorios junto con la experiencia de campo han determinado que valores de viscosidad a baja velocidad de corte (6 y 3 rpm) tienen un mayor impacto sobre la limpieza del pozo que el punto cedente, además de proporcionar la suspensión de barita bajo condiciones tanto dinámicas como estáticas.

2.2.2.1.3.7. Esfuerzo del gel

Implica las fuerzas de atracción de partículas suspendidas cuando el fluido está estático, así se determina la facilidad del fluido para desarrollar la estructura de un gel en el momento en que deja de moverse. Su propósito es soportar los cortes y los sólidos en suspensión en el lodo cuando la circulación se detiene, de manera que no se acumule en el fondo del pozo o se depositen alrededor del equipo de fondo y de la broca, o se produzca una distribución desigual del lodo, lo cual resultaría en una mala hidráulica y presión errática. Sin embargo,

el esfuerzo del gel debe ser lo suficientemente bajo para permitir que el gas disuelto y los sólidos perforados puedan ser separados en superficie.

2.2.2.1.3.8. Filtrado y pérdida de fluido

La pérdida de fluido se mide para determinar el volumen de filtrado (la fracción líquida del fluido de perforación que invade la formación cercana a la pared del pozo). Una excesiva pérdida del fluido puede deshidratar el lodo, en consecuencia, el lodo debe ser tratado para restaurar su debido balance.

2.2.2.1.3.9. Costra de lodo

Es una capa de sólidos de lodo depositada en las paredes del hueco a medida que el filtrado ha entrado en formaciones permeables en un pozo sobre balanceado. Al revestir las secciones permeables de la pared del hueco, la costra de lodo ayuda a consolidar la formación evitando, de esta manera, mayor invasión del fluido y minimizando la pérdida del mismo. Se prefiere una costra delgada y dura a una gruesa y blanda. Una costra excesivamente gruesa reduce el diámetro efectivo del pozo e incrementa la posibilidad de una pega de tubería, o de suaveo del pozo cuando se mueve tubería. Generalmente, entre más alta sea la pérdida de fluido, más gruesa será la costra resultante.

2.2.2.1.3.10. Nivel de pH del lodo

El pH del lodo de perforación debe ser constantemente vigilado con el fin de mantener suficiente alcalinidad y reducir la corrosión en la tubería, para incrementar o mantener el pH se usa con frecuencia Soda Cáustica. Un beneficio de monitorear el pH del fluido es la detección de Sulfuro de Hidrógeno, o al menos que estuvo presente.

2.2.2.1.3.11. Contenido de arena

El contenido de arena de un lodo, es el contenido de sólidos abrasivos insolubles rechazados por un entramado de malla 200 (74 micrones). El exceso de arena puede causar una costra gruesa sobre las paredes del pozo, asentamiento de arena en el agujero o cerca de las herramientas cuando se detiene la circulación, abrasión excesiva de las paredes de las bombas de lodo y de las conexiones de la tubería.

2.2.2.1.3.12. Contenido de aceite, agua, sólidos y arcilla

El análisis del porcentaje de sólidos y líquidos en un fluido de perforación permite evaluar y controlar la calidad y eficiencia de las propiedades del lodo e indicará si necesita ser acondicionado mediante la adición de agua o el tratamiento de dispersantes (reductores de viscosidad) químicos o la eliminación del contaminante.

2.2.2.1.4. ADITIVOS DE LOS FLUIDOS DE PERFORACIÓN

Según la necesidad de la operación y los objetivos específicos de una hidráulica determinada se pueden añadir aditivos a la mezcla del fluido de perforación con el fin de cumplir dichos objetivos, estos aditivos pueden ser:

2.2.2.1.4.1. Viscosificantes: Son productos que se usan para mejorar la limpieza del hoyo y la suspensión de los sólidos del lodo y los recortes de la formación producidos por la roca.

2.2.2.1.4.2. Densificantes o pesantes: Se utilizan para incrementar la densidad del lodo de perforación, su principal característica es la gravedad específica ya que a una mayor gravedad se tiene un menor porcentaje de sólidos en el lodo.

2.2.2.1.4.3. Emulsificantes: Con el uso de estos aditivos se puede obtener una mezcla heterogénea de dos líquidos insolubles.

2.2.2.1.4.4. Reductores de filtrado: Los reductores de filtrado ó de pérdida de fluido hacia la formación sirven para disminuir la pérdida de fluido a medida que la tendencia del líquido del fluido de perforación pasa a través de la costra del lodo.

2.2.2.1.4.5. Floculantes: Estos materiales se usan para incrementar temporalmente la viscosidad o para mejorar la limpieza del hoyo.

2.2.2.1.4.6. Agentes espumantes: Son materiales químicos que actúan como surfactantes típicos creando burbujas relativamente estables en presencia de agua. Los agentes espumantes permiten que el aire o gas perforen a través de formaciones con flujos de agua y prevenir la formación de anillos de lodo.

2.2.2.1.4.7. Materiales para pérdida de circulación (LCM): Los materiales para pérdida de circulación taponan zonas de pérdida hacia el interior de la formación, pasando la cara del agujero abierto para que las operaciones subsecuentes no resulten en pérdidas adicionales de fluido de perforación.

2.2.2.1.4.8. Lubricantes: Son aditivos diseñados para reducir el coeficiente de fricción entre el fluido y la pared del pozo disminuyendo el torque y arrastre. Se usan varios aceites, líquidos sintéticos, grafito, surfactantes glicoles y glicerina así como otros materiales para este propósito.

2.2.2.1.4.9. Agentes liberadores de tubería: Estos agentes incrementa la lubricidad y atacan químicamente el enjarre, de esta manera se logra atacar la zona atrapada propiciando la liberación de la tubería pegada.

2.2.2.1.4.10. Inhibidores de control de lutitas: La inhibición disminuye el mecanismo de hidratación de las lutitas reactivas proporcionando agua.

2.2.2.1.4.11. Agentes activos en superficie (surfactantes): Los surfactantes reducen la tensión interfacial entre las superficies en contacto un control en el ensanchamiento excesivo del pozo y derrumbamiento o formación de cavernas mientras Se perforó con fluidos base (agua-aceite, agua-sólidos, agua-aire, etc.). Estos pueden ser emulsificantes, agentes humectantes, floculantes o defloculantes.

2.2.2.1.4.12. Agentes estabilizadores: Estos agentes estabilizan al agujero bajo condiciones de altas temperaturas. Los materiales utilizados como agentes estabilizadores son polímeros sulfatados, lignitos y lignosulfatos.

2.2.2.1.4.13. Adelgazantes y dispersantes: Son materiales químicos que modifican la relación entre la viscosidad y el porcentaje de sólidos del lodo;

puede usarse para reducir la atracción (floculación) de las partículas de arcilla que causan altas viscosidades.

2.2.2.1.4.14. Agentes antiespumantes: Estos productos son utilizados para disminuir la acción espumante particularmente en salmueras ligeras o en fluidos saturados con sal.

2.2.2.1.4.15. Reductores de calcio: Estos aditivos son utilizados para reducir el calcio en agua de mar y para tratar la contaminación con calcio proveniente del cemento, el yeso y de formaciones de anhidrita.

2.2.2.1.4.16. Inhibidores de corrosión: Los inhibidores de corrosión crean una película de protección a base de aminas formadoras de películas, protegiendo de esta manera de la corrosión causada por el sulfuro de hidrogeno, dióxido de carbono, oxígeno, agua salada etc.

2.2.2.1.4.17. Controladores de alcalinidad y pH: Estos aditivos se usan para aumentar o disminuir la alcalinidad del fluido de perforación alterada por el uso de viscosificantes, densificantes o materiales que modifican los esfuerzos de gel.

2.2.2.1.4.18. Bactericidas: Los fluidos de perforación son susceptibles a la degradación por la presencia de agentes orgánicos y exposición al tiempo. Los bactericidas son agregados que controlan la presencia de bacterias, algas y hongos que existen en el fluido de perforación a diferentes concentraciones de pH.

Principales fuentes de contaminación de los fluidos base agua: Los contaminantes son cualquier agente que cause un efecto perjudicial al fluido de perforación, algunos contaminantes típicos de los fluidos base agua son:

- a) Sólidos perforados: Son los peores contaminantes del fluido y uno de los mayores problemas para la limpieza del pozo.
- b) Influjos de agua: Ocasionan problemas de control en el pozo.
- c) Temperatura: Degradación térmica de los polímeros debido a que aumenta la velocidad de las reacciones químicas.
- d) Cemento: Afecta las propiedades del lodo.
- e) Bacterias: Favorecen la degradación bacterias del lodo.

- f) Yeso y anhídrido: Aumento en las propiedades reológicas, filtrado y disminución de pH.
- g) Gas: Ocasiona disminución de la densidad del lodo, aumento del volumen de los tanques activos y disminución de la eficiencia volumétrica de las bombas.
- h) Carbonatos y Bicarbonatos: Afectan la alcalinidad y un aumento en los esfuerzos de gel y YP.
- i) Calcio: Cambia drásticamente la naturaleza de los sistemas base agua provocando la no dispersión de las partículas de arcilla.

2.2.2.2. BROCAS DE PERFORACIÓN

En el plan de un programa de perforación de un pozo petrolero se seleccionan el tipo de brocas que se van a utilizar durante la perforación de acuerdo a las características de la formación y el diseño de construcción del pozo que se quiera conseguir. El proceso de selección de brocas se basa en la experiencia de pozos vecinos ya perforados, en los avances tecnológicos en materiales y diseños de brocas para una las formaciones específicas.

El proceso que se sigue para una selección adecuada y el correcto diseño del programa de brocas es el siguiente:

- Se evalúa la selección de las brocas de acuerdo a los objetivos, riesgos y geometría del pozo.
- Recopilación de la información y experiencias de pozos vecinos, para realizar una estadística del área.
- En base a los resultados e informaciones obtenidas se optimizan operaciones para lograr un mejor desempeño en el área.

2.2.2.2.4. TIPOS DE BROCAS

En la actualidad existen varios diseños de brocas para la perforación de pozos que se clasifican de acuerdo a su sistema de corte o a su rodamiento. Para la perforación de pozos en el Oriente Ecuatoriano y específicamente en el Campo Shushufindi Aguarico se utilizan dos tipos de brocas:

- Brocas Tricónicas (TRC)
- Brocas de diamante policristalino (PDC)

2.2.2.2.4.1. Brocas Tricónicas

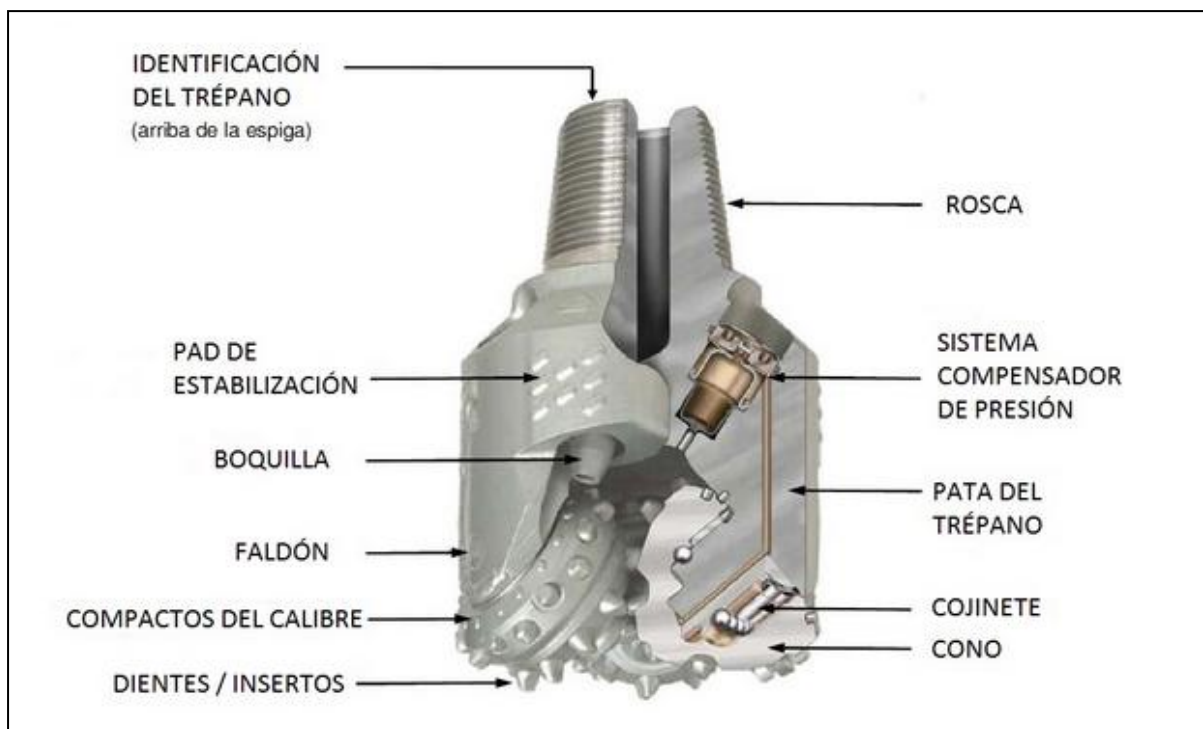


Figura 2.7. Broca Tricónica

Fuente: (UPV, 2010)

Las brocas tricónicas adoptan una estructura fija de cojinete flotante. Los componentes flotantes están hechos de materiales de alta intensidad, elásticos y resistentes al calor. La superficie es tratada con lubricantes sólidos.

Funciones y características de la Broca Tricónica:

- a) Posee funciones de trituración y quiebre de las capas de la roca, por lo que esta broca es altamente utilizada en varios tipos de formaciones rocosas.
- b) Usa engranajes aleados resistentes para aumentar la habilidad contra descargas. Estos engranajes pueden asegurar la habilidad de corte y la velocidad de perforación.

2.2.2.2.4.2. Bocas PDC



Figura 2.8. Broca PDC

Fuente: (VAREL , 2010)

La broca PDC tiene cortadores hechos de diamantes artificiales y de Carburo de Tungsteno. Cada cortador hecho de diamante y Carburo de Tungsteno se conoce como compacto. Los fabricantes colocan los compactos en la cabeza de la broca. A medida que la broca rota sobre la roca, los compactos cortan la formación.

Las brocas PDC son bastante costosas, sin embargo, cuando se usan apropiadamente, pueden perforar en formaciones blandas, medianamente duras o duras por varias horas y sin fallar.

2.2.2.2.5. FACTORES QUE AFECTAN EL DESGASTE DE LAS BROCAS

Los factores que afectan el desgaste de las brocas se puede dividir principalmente en factores geológicos y operativos. Los parámetros relativos a los factores geológicos.

2.2.2.2.5.1. Factores geológicos

El factor más importante para la selección y operación de una broca es el conocimiento de la geología del sitio que se va a perforar, el conocimiento de la litología demuestra indicativos de subgrupos de formaciones, algunos de los cuales no se pueden perforar con brocas PDC, al menos con la tecnología existente hasta el momento. De acuerdo a las propiedades físicas de dureza, las formaciones se clasifican en:

- a) Suaves: Formaciones poco consolidadas como conglomerados superficiales.
- b) Media suave: Suaves no consolidadas con baja resistencia a la compresión y alta perforabilidad tales como arcillas, lutitas, sal, etc, de intervalos considerables.
- c) Media: Intercalaciones más blandas de formaciones duras (caliza, dolomitas y lutitas arenosas duras).

- d) Medio dura: Intercalaciones medias en formaciones duras (pedernal, granito, basalto, formaciones cuarcíticas).
- e) Dura: Las más duras de las formaciones duras y abrasivas (cuarcitas y arenas cuarcíticas duras).

2.2.2.5.2. Factores operativos

Estos factores deben de ser diseñados de acuerdo con la geología por atravesar y con la geometría del agujero. Pueden ser modificados en el campo en función del desempeño observado. A continuación se mencionan los principales factores operativos así como las consecuencias inherentes a una inadecuada selección:

2.2.2.5.3. Peso sobre la broca (WOB)

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

2.2.2.5.4. Velocidad de rotación (RPM)

No afecta directamente el funcionamiento de las brocas, pero depende del mecanismo impulsor (motor de fondo o sistemas direccionales rotatorios) y de la sarta de perforación para imponer un valor práctico de máximo RPM. Para evitar RPM críticas debe usarse el sentido común: la RPM más adecuada es aquella que produzca un máximo ROP, pero sin causar problemas. Debe observarse que en formaciones blandas el aumento de la RPM resulta en un aumento proporcional del ROP. Es posible que en algunas formaciones más duras ocurra lo contrario debido a que los dientes o cortadores no pueden perforar la roca si se sobrepasa cierto límite de RPM y se afecte así el desgaste de las brocas.

2.2.2.2.5.5. Limpieza en el fondo del pozo

Es uno de los factores que afectan el desgaste de las brocas debido a que el fluido de perforación limpia el fondo del pozo al desalojar los recortes. De esta manera se previene que la broca se embole y se deban usar entonces otros parámetros de perforación.

2.2.2.2.5.6. Geometría del agujero

Basándose en la experiencia, en ciertas situaciones como la de empezar a desviar a un pozo, es necesario utilizar condiciones de operación poco recomendables como el WOB, RPM, la utilización de sartas navegables para aumentar, tumbar o mantener ángulo. En estos casos el desgaste prematuro de la broca es inevitable, por lo que la experiencia de campo es indispensable para detectar el desgaste que se está ocasionando.

2.2.3. FUNCIONES DE LA HIDRÁULICA DE PERFORACIÓN

Se pueden nombrar como funciones importantes de la hidráulica de perforación a las siguientes:

- Optimizar el desarrollo de la perforación, sobre todo en la ROP.
- Mejorar la limpieza del hoyo.
- Buscar estabilizar el hoyo.
- Refrescar y lubricar la broca de perforación.
- Transmitir información desde el fondo teleméricamente a través de las herramientas (MWD/LWD)
- Proveer de presión adicional a la presión hidrostática.

2.2.4. PROGRAMA DE HIDRÁULICA DE PERFORACIÓN

Los objetivos del programa de hidráulica en la perforación de un pozo son los siguientes:

- Incrementar la velocidad de penetración, derivada de la eficiencia de la limpieza del pozo
- Evitar o disminuir la erosión excesiva de las paredes del pozo dando una adecuada estabilidad.
- Controlar las pérdidas de presión en el sistema de circulación para evitar variaciones de presión en el pozo, limitaciones de presión disponible en la broca y los HP hidráulicos para la circulación.

2.2.4.1. PARÁMETROS QUE INTERVIENEN EN EL PROGRAMA DE HIDRÁULICA DE PERFORACIÓN

En un programa de hidráulica se manejan los siguientes parámetros principales:

- Peso del fluido de perforación (MW).
- Caudal y presión máxima de bombeo (Caudal y presión del stand pipe).
- Pérdidas de presión.
- Velocidades anulares.
- Diámetro de las brocas.
- Diámetro de las boquillas de la broca.
- Número de jets en la broca.
- Velocidad de perforación (ROP).
- Presión final en la broca.
- Caudal óptimo.
- Fuerza de impacto del fluido en el fondo

2.2.5. DISEÑO DE UN PROGRAMA DE PARÁMETROS DE HIDRÁULICA DE PERFORACIÓN

El diseño de un programa hidráulico en las diferentes etapas del programa de perforación, se enfoca en tratar de cumplir con la mayor parte de los parámetros de la optimización hidráulica en la broca y obtener un mayor ROP.

Se pueden diferenciar dos tipos de parámetros de hidráulica de perforación según su dependencia o necesidad de aplicación, los provenientes del sistema de circulación superficial y los parámetros hidráulicos en la broca de perforación.

En base a esto tenemos:

2.2.5.1. PARÁMETROS DEPENDIENTES DEL SISTEMA DE CIRCULACIÓN SUPERFICIAL

2.2.5.1.1. Caudal inicial (Qi)

Es el caudal inicial de flujo estimado en galones por minuto, tomando en consideración únicamente el diámetro de la broca.

En forma matemática:

$$Q_i = 40 * D_b \quad (\text{Ec. 2.3})$$

Dónde:

Qi= caudal de flujo, gal/min

Db= diámetro de la broca en pulgadas.

2.2.5.1.2. Velocidad anular (Va)

Corresponde al flujo y presiones a las que se limpia el espacio anular entre el hoyo y la tubería de perforación. Las condiciones de flujo que se prefieren para la limpieza del hoyo son flujo laminar, este causa menos lavado y erosión en la pared del pozo, en comparación al flujo turbulento.

Se define en forma matemática como:

$$Va = \frac{24.48 * Q}{D_2^2 - D_1^2} \quad (\text{Ec. 2.4})$$

Dónde:

Va: Velocidad anular, en pies/min

Q: Caudal de bomba, en gpm.

D₂: Diámetro del hoyo, en pulgadas.

D₁: Diámetro externo de la tubería de perforación, en pulgadas.

2.2.5.1.3. Número de Reynolds (Re)

El número de Reynolds, es un número adimensional utilizado en mecánica de fluidos para caracterizar el movimiento de un fluido. Relaciona la densidad, viscosidad, velocidad y dimensión típica de un flujo en una expresión adimensional, Dicho número o combinación adimensional aparece en muchos casos relacionado con el hecho de que el flujo pueda considerarse laminar (número de Reynolds pequeño) o turbulento (número de Reynolds grande).

Se define en forma matemática como:

$$Re = \frac{15.46 * (Dh - DE) * Va * \rho}{\mu} \quad (\text{Ec. 2.5})$$

Dónde:

Re: Número de Reynolds, adimensional.

Dh= Diámetro del agujero, pulgadas.

DE= Diámetro externo de la tubería de perforación, pulgadas.

Va= Velocidad anular, en pies/min

ρ = Densidad del fluido, lb/gal.

μ = Viscosidad del fluido, cP.

2.2.5.1.4. Factor de fricción (f)

Es un parámetro adimensional que se utiliza para calcular la pérdida de carga en una tubería debido a la fricción. Para el caso de tuberías lisas y números de Reynolds entre 2000 y 20000 se utiliza la ecuación de Blasius.

Se define de forma matemática como:

$$f = \frac{0.316}{Re} \quad (\text{Ec. 2.6})$$

Dónde:

f= Factor adimensional de fricción.

2.2.5.1.5. Pérdidas de Presión (ΔP_t)

La pérdida de carga en una tubería o canal, es la pérdida de presión en un fluido debido a la fricción de las partículas del fluido entre sí y contra las paredes de la tubería que las conduce.

De forma matemática:

$$\Delta P = \frac{f * Va^2 * \rho * L}{25.8 * De f} \quad (\text{Ec. 2.7})$$

Dónde:

ΔP = Pérdidas de presión, psi.

L= Longitud de la tubería o espacio anular, pies

D ef= Diámetro efectivo de flujo del espacio anular.

ρ = Densidad del fluido, lb/gal.

f= Factor adimensional de fricción.

Va= Velocidad anular, en pies/min

2.2.5.1.6. Presión final en la broca (P br)

Es la presión final disponible en la broca considerando las pérdidas de presión.

Matemáticamente:

$$P_{br} = P_{smax} - \Delta P \quad (\text{Ec. 2.8})$$

Dónde:

Pbr= presión disponible en la broca, psi.

Psmax= Presión máxima en superficie, psi.

ΔP = Pérdidas de presión, psi.

2.2.5.1.7. Caudal Óptimo (Q opt)

Es el caudal óptimo necesario para garantizar una adecuada limpieza del pozo, el cual se debe tratar de mantener para alcanzar una buena ROP. Se obtiene en base al caudal inicial y a la relación entre las pérdidas de presión y la presión máxima en superficie.

Se define de forma matemática como:

$$Q_{opt} = \left(\frac{\Delta P}{P_{smax}} \right)^{\frac{1}{1.175}} * Q_i \quad (\text{Ec. 2.9})$$

Dónde:

Q_{opt} = Caudal óptimo en la broca, gal/min.

P_{smax} = Presión máxima en superficie, psi.

ΔP = Pérdidas de presión, psi.

Q_i = Caudal inicial, gal/min.

2.2.5.2. PARÁMETROS HIDRÁULICOS EN LA BROCA DE PERFORACIÓN

2.2.5.2.1. Área óptima de los jets de la broca (A_j)

Es el área requerida para el funcionamiento óptimo de la hidráulica en la broca, obtenida en base al caudal óptimo y a la presión requerida en la broca.

Definida matemáticamente como:

$$A_j = \sqrt{\frac{\rho * Q_{opt}^2}{10835.75 * P_b}} \quad (\text{Ec. 2.10})$$

Dónde:

A_j = Área óptima de flujo en las boquillas, pulgada cuadrada.

Q_{opt} = Caudal óptimo en la broca, gal/min.

ρ = Densidad del fluido, lb/gal.

P_b = Presión requerida en la broca, psi.

2.2.5.2.2. Diámetro de las boquillas (Dt)

Es el diámetro que debe tener cada boquilla de la broca de perforación, determinado en 1/32 pulgadas en base al área de los jets y al número de jets a utilizar de acuerdo al diseño y estructura de la broca.

Se define como:

$$Dt = 32 \sqrt{\frac{Aj}{0.7854 * N}} \quad (\text{Ec. 2.11})$$

Dónde:

Dt= Diámetro de las boquillas en 1/32 de pulgada.

Aj= Área óptima de flujo en las boquillas, pulgada cuadrada.

N= Número de boquillas disponibles en la broca.

2.2.5.2.3. Velocidad del fluido en los jets (Vn)

Calcula la velocidad a la cual se mueve el fluido a través de los jets de la broca a la tasa existente de flujo. Se define en forma matemática como:

$$Vn = \frac{417.2 * Q_{opt}}{N * Dt^2} \quad (\text{Ec. 2.12})$$

Dónde:

Vn: Velocidad del fluido en los jets, en pies/seg

Jn: Diámetro de los jets de la broca, en ##/32 de pulgada.

N: Número de jets en la broca

2.2.5.2.4. Fuerza de Impacto (I.F)

Se define como la fuerza con que el fluido golpea el fondo del hoyo después de salir de los jets de la broca. La fuerza de impacto del fluido a través de la broca es un producto de la densidad, caudal y velocidad del fluido en los jets.

Se define en forma matemática como:

$$I.F = \frac{Vn * Q * MW}{1930} \quad (\text{Ec. 2.13})$$

Dónde:

I.F.: Fuerza de impacto hidráulico, en lbs.

Q: Caudal de bomba, en gpm.

Vn: Velocidad del fluido en los jets, en pies/seg.

MW: Densidad del fluido de perforación, en lpg.

2.2.5.2.5. Caballos de fuerza hidráulica en la broca (HHPb)

Calcula el total de caballos de fuerza hidráulica disponibles a lo largo de la cara de la broca. En realidad los caballos de fuerza son una velocidad definida de hacer trabajo. Se define en forma matemática como:

$$HHPb = \frac{Q * MW}{1714} \quad (\text{Ec. 2.14})$$

Dónde:

HHPb: Caballos de fuerza hidráulica en la broca, en HP.

MW: Densidad del fluido de perforación, en lpg.

Q: Caudal de bomba, en gpm.

2.2.5.2.6. Caballaje hidráulico por pulgada cuadrada del área de la broca (HSI)

Se determina en base al total de HP de fuerza hidráulica en la broca a caballos de fuerza hidráulica disponibles por pulgada cuadrada de la cara de la broca. Influye directamente en la limpieza del pozo y en el ROP, por lo que es uno de los parámetros más importantes a considerar y controlar.

Esta determinado en función de; caudal, caída de presión en la broca y diámetro de la broca.

Para formaciones medias a duras sus valores óptimos son de 1.5 – 2 HHPb/pulg² y para formaciones blandas de 4 – 5 HHPb/pulg².

Se define en forma matemática como:

$$HSI = \frac{HHPB * 1.27}{Db^2} \quad (\text{Ec. 2.15})$$

Dónde:

HSI: Caballaje hidráulico por pulgada cuadrada del área de la broca, en HHPb/pulg².

HHPb: Caballos de fuerza hidráulica en la broca, en HP.

Db: Diámetro de la broca, en pulgadas.

El programa hidráulico proporciona información para evitar altas caídas de presión en el sistema de circulación y problemas en el equipo de superficie, así como también esfuerzos excesivos en las bombas de lodo y por consecuencia mayor mantenimiento, etc.

El diseño de un programa hidráulico, en condiciones normales de perforación se puede realizar cada 500 o 1000 m de profundidad (se toma como referencia los valores de ROP y tiempos de limpieza), de acuerdo al cambio de densidades y de la reología del lodo, así como en el cambio de diámetros interiores de la sarta de perforación.

CAPÍTULO III

3. METODOLOGÍA

3.1. INTRODUCCIÓN

En el presente capítulo se presenta el estudio analítico de la muestra significativa, misma que incluyó el análisis de los reportes finales de perforación de veinte pozos, perforados en el Campo Shushufindi - Aguarico a lo largo del año 2012 hasta el año 2014.

Para cumplir de manera adecuada con el análisis de los parámetros de hidráulica de perforación aplicados en cada pozo, se efectuó la división del mismo por secciones, basadas en el diámetro del agujero de cada una de ellas.

Todos los pozos estudiados fueron construidos en cuatro secciones con diámetros de 20, 16, 12 $\frac{1}{4}$, y 8 $\frac{1}{2}$ pulgadas, sin embargo y para objetos de análisis, se dejó de lado la sección de 20 pulgadas, puesto que dicha sección es únicamente la encargada de guiar al pozo llegando a profundidades poco considerables, además de que las técnicas de bajada de casing superficial varían según las condiciones y el método operativo que se decida utilizar en el momento. Dicha operación dura pocas horas, sin presentar mayores variaciones entre un pozo y otro ni tampoco inconvenientes operativos, motivo por el cual no representa un objeto importante de estudio.

Se presenta el análisis técnico considerando las secciones más importantes en la construcción de cada pozo, el mismo que se basa en dos parámetros, GPM y HSI, los mismos que incluyen algunas variables operativas y describen de manera sintética el comportamiento de la hidráulica de perforación aplicada además de representar la incidencia de su aplicación en la velocidad de la perforación.

Este análisis será posteriormente complementado con el cálculo de los parámetros de hidráulica que pudieron haberse aplicado en la perforación de

cada pozo con el fin de establecer la comparación necesaria para poder establecer las semejanzas y diferencias entre los parámetros teóricos calculados y los aplicados en campo.

3.2. ANÁLISIS TÉCNICO DE PARÁMETROS DE HIDRAÚLICA APLICADOS

A continuación se describen de manera sintética el sumario de los pozos estudiados y el análisis de los parámetros de hidráulica aplicados en cada pozo, dividido por secciones de 16, 12 ¼ y 8 ½ pulgadas.

3.2.1. Análisis del pozo SHUSHUFINDI 175D (SSFD 175D)

El pozo “SSFD 175D”, inició su perforación en el Campo Shushufindi el día 9 de Abril del 2012, fue operado por la empresa contratista Consorcio Shushufindi S.A, utilizando el Rig 128 de Sinopec. Fue planeado como un pozo de desarrollo y producción y construido como un pozo direccional tipo “J” modificado, alcanzando una inclinación máxima de 26,64°.

Fue construido en cuatro secciones: agujero de 26” con casing conductor de 20”; agujero de 16” con casing de superficie de 13 ¾”; agujero de 12 ¼” con casing de producción de 9 ⅝”, y la sección más profunda con agujero de 8 ½” y liner de producción de 7”.

Sus objetivos primarios fueron las areniscas “U” y “T” inferiores, alcanzando una profundidad de 9750 pies TVD y 10370 pies MD en 46 días de operación.

3.2.1.1. Sección de 16”

Esta sección fue perforada desde los 269 pies TVD hasta los 5628 TVD pies, utilizando un lodo de perforación que fluctúa entre 8,4 lpg. y 10,6 lpg. con viscosidades comprendidas en un rango de 3 a 6 cp.

Se manejó un galonaje de 450 – 950 gpm., obteniendo un HSI de 2 – 2,12 HP/pulg.², lo que representó una rata de penetración (ROP) entre 50 – 200 ft/h.

La Figura 3.1, es un extracto del reporte de los parámetros hidráulicos de interés de estudio y ciertos parámetros mecánicos en función de la profundidad de la sección aplicada en la construcción de la presente sección, del análisis de la misma se obtienen los valores de los parámetros aplicados de galonaje, HSI y ROP.

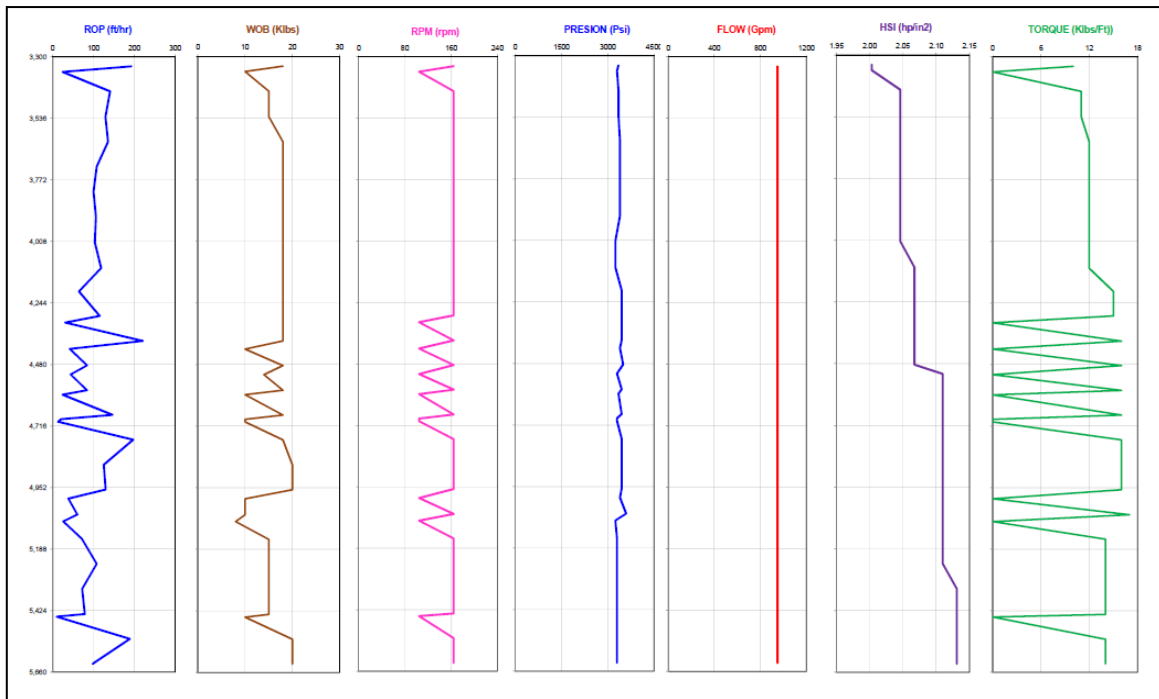


Figura 3.1. Parámetros hidráulicos SFFD 175D – Sección 16”

Fuente: (ARCH, 2014)

3.2.1.2. Sección de 12 ¼ ”

Esta sección fue perforada desde los 5628 pies TVD hasta los 8970 pies TVD, utilizando un lodo de perforación que fluctúa entre 9,7 lpg. y 10,8 lpg., con viscosidades comprendidas en un rango de 11 a 19 cp. Se manejó un galonaje de 790 – 810 gpm., obteniendo un HSI de 2,65 – 2,75 HP/pulg.², lo que representó una tasa de penetración (ROP) entre 50 – 150 ft/h. La Figura 3.2, es un extracto del reporte de los parámetros hidráulicos de interés de estudio y ciertos parámetros mecánicos en función de la profundidad de la sección

aplicada en la construcción de la presente sección, del análisis de la misma se obtienen los valores de los parámetros aplicados de galonaje, HSI y ROP.

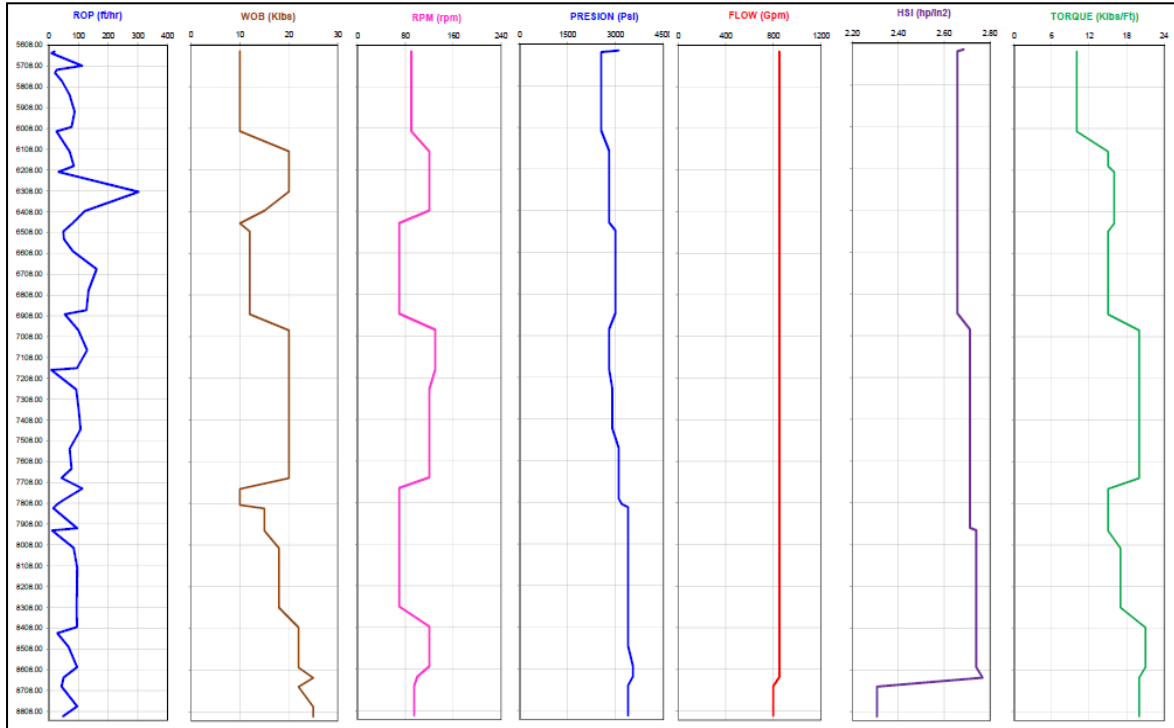


Figura 3.2. Parámetros hidráulicos SFFD 175D – Sección 12 ¼

Fuente: (ARCH, 2014)

3.2.1.3. Sección de 8 ½ ”

Esta sección fue perforada desde los 8790 pies TVD hasta los 9672 pies TVD, utilizando un lodo de perforación que fluctúa entre 9,7 lpg. y 10,3 lpg., con viscosidades comprendidas en un rango de 18 a 26 cp.

Se manejó un galonaje de 400 – 600 gpm., obteniendo un HSI de 0,5 – 0,7 HP/pulg.², lo que representó una tasa de penetración (ROP) entre 50 – 135 ft/h. La Figura 3.3, es un extracto del reporte de los parámetros hidráulicos de interés de estudio y ciertos parámetros mecánicos en función de la profundidad de la sección aplicada en la construcción de la presente sección, del análisis de la misma se obtienen los valores de los parámetros aplicados de galonaje, HSI y ROP.

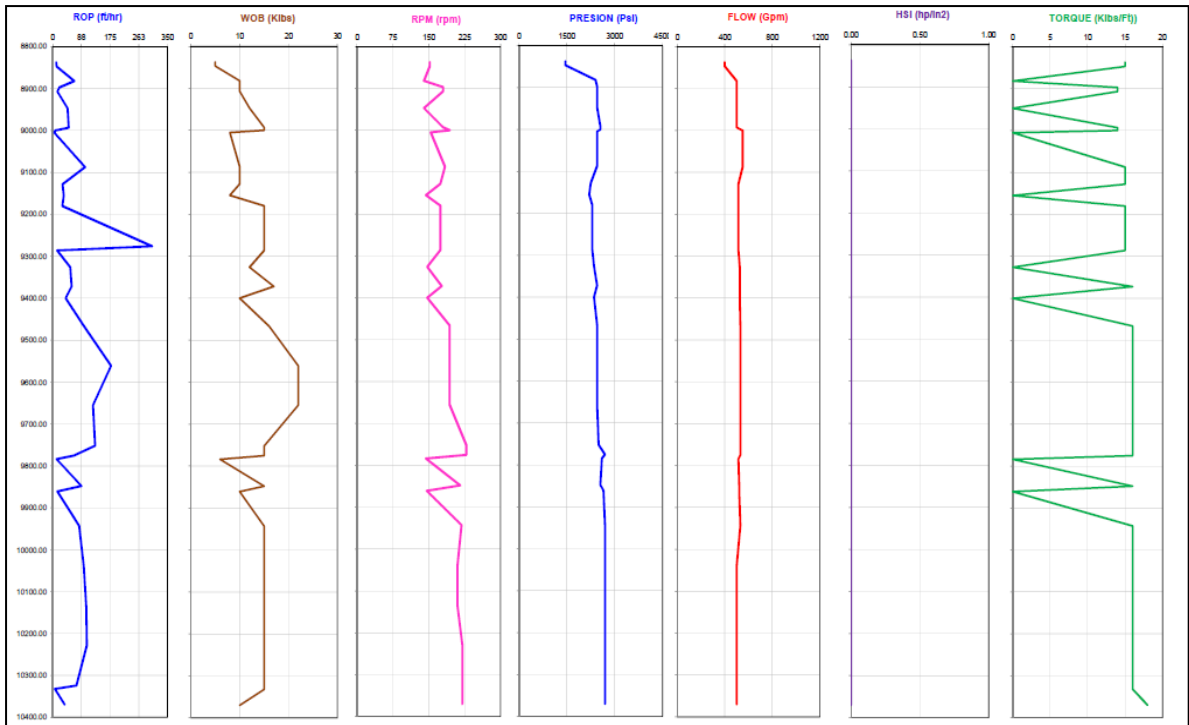


Figura 3.3. Parámetros hidráulicos SFFD 175D – Sección 8 ½

Fuente: (ARCH, 2014)

3.2.1.4. Resultados

En base al análisis de los reportes de perforación estudiados que incluyen todos los datos de perforación y parámetros hidráulicos de interés de estudio aplicados en la perforación del pozo, se determina lo siguiente:

La primera sección se completa en un tiempo de 7,5 días, considerado normal para este tipo de operaciones al igual que la siguiente sección completada en 10 días, que se resumen en el manejo razonable del galonaje lo cual se refleja en sus valores de HSI. Existieron problemas operativos en la construcción de la tercera sección debido a un taponamiento de una de las boquillas de la broca, problema que se complicó y causó la necesidad de trabajar un “sidetrack” al pozo. Lo que ocasionó 12 días de tiempo perdido o no productivo (NPT), además de notarse valores más bajos de galonaje y de HSI. El análisis presenta los valores interpretados de los parámetros de hidráulica de perforación aplicados en la perforación del pozo resumidos en la Tabla 3.1.

Tabla 3.1. Parámetros hidráulicos aplicados pozo SFFD 175D

SSFD 175 D	Sección 16 "		Sección 12,25"		Sección 8,5"	
	Min.	Máx.	Min.	Máx.	Min.	Máx.
Caudal secciones (gpm)	450	950	790	810	400	600
Caudal promedio secciones (gpm)	700		800		500	
Caudal óptimo acumulado (gpm)	666,66					
<i>HSI sección (HP/pulg²)</i>	2	2,12	2,65	2,75	0,5	0,7
<i>HSI promedio sección (HP/pulg²)</i>	2,06		2,7		0,6	
HSI óptimo acumulado (HP/pulg²)	1,78					
<i>MW (lpg)</i>	8,4	10,2	9,7	10,8	9,7	10,3
<i>MW promedio secciones (lpg)</i>	9,3		10,25		10	
<i>MW promedio (lpg)</i>	9,85					
<i>ROP (pie/seg)</i>	50	200	50	150	20	135
<i>ROP secciones (pie/seg)</i>	125		100		77,5	
<i>ROP promedio (pie/seg)</i>	100,83					

3.2.2. Análisis del pozo AGUARICO 26D (AGR 26D)

El pozo “AGR 26D”, inició su perforación en el Campo Shushufindi el día 18 de Diciembre del 2012, fue operado por la empresa contratista Consorcio Shushufindi S.A, utilizando el Rig 169 de Sinopec.

Fue planeado como un pozo de desarrollo y producción y construido como un pozo direccional tipo “S” modificado, alcanzando una inclinación máxima de 33,91°.

Fue construido en cuatro secciones: agujero de 26” con casing conductor de 20”; agujero de 16” con casing de superficie de 13 3/8”; agujero de 12 1/4” con casing de producción de 9 5/8”, y la sección más profunda con agujero de 8 1/2” y liner de producción de 7”.

Sus objetivos primarios fueron las areniscas “U” y “T” inferior, alcanzando una profundidad de 9683,8 pies TVD y 10220 pies MD en 44 días de operación.

3.2.2.1. Sección de 16”

Esta sección fue perforada desde los 218 pies TVD hasta los 5393 TVD pies, utilizando un lodo de perforación que fluctúa entre 8,7 lpg. y 10,6 lpg. con viscosidades comprendidas en un rango de 4 a 8 cp.

Se manejó un galonaje de 500 – 1100 gpm., obteniendo un HSI de 0,2 – 3,7 HP/pulg.², lo que representó una tasa de penetración (ROP) entre 95 – 220 ft/h.

Las Figuras 3.4 y 3.5 son un extracto del reporte de los parámetros hidráulicos de interés de estudio y ciertos parámetros mecánicos en función de la profundidad de la sección aplicada en la construcción de la presente sección, del análisis de la misma se obtienen los valores de los parámetros aplicados de galonaje, HSI y ROP.

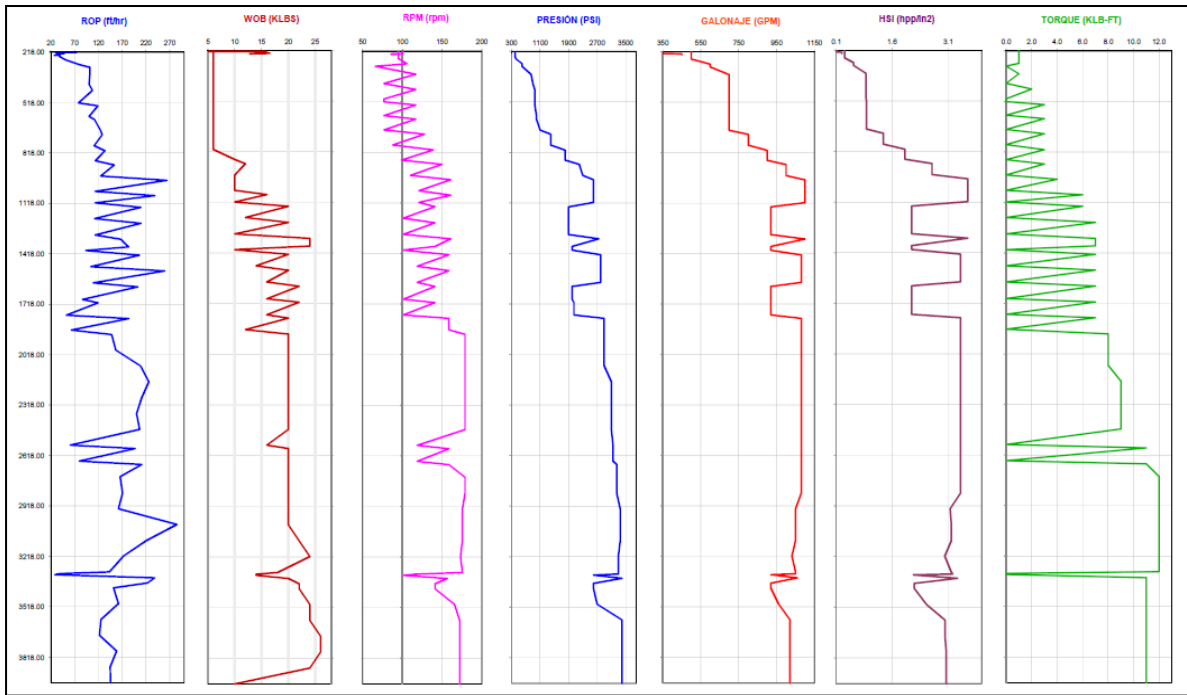


Figura 3.4. Parámetros hidráulicos AGR 26D – Sección 16" (Parte I)

Fuente: (ARCH, 2014)

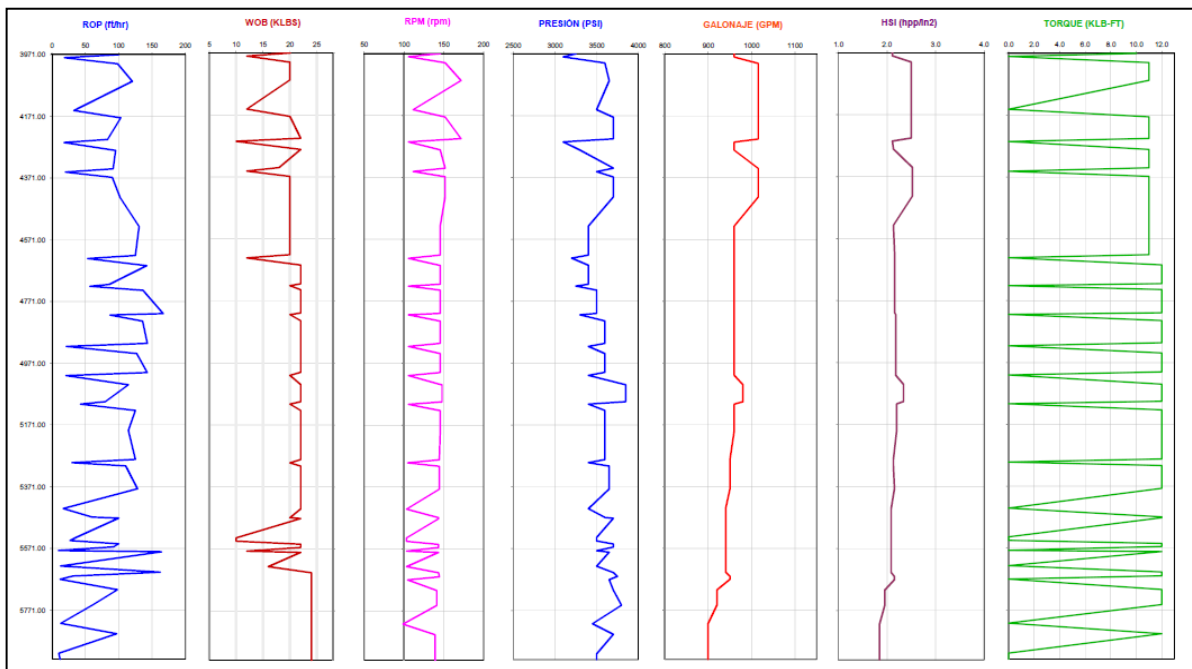


Figura 3.5. Parámetros hidráulicos AGR 26D – Sección 16" (Parte II)

Fuente: (ARCH, 2014)

3.2.2.2. Sección de 12 ¼ ”

Esta sección fue perforada desde los 5393 pies TVD hasta los 8943 pies TVD, utilizando un lodo de perforación que fluctúa entre 9,7 lpg. y 10,7 lpg. con viscosidades comprendidas en un rango de 7 a 27 cp.

Se manejó un galonaje de 700 – 870 gpm., obteniendo un HSI de 0,5 – 3,0 HP/pulg.², lo que representó una tasa de penetración (ROP) entre 40 – 150 ft/h.

Las Figuras 3.6, 3.7 y 3.8 son un extracto del reporte de los parámetros hidráulicos de interés de estudio y ciertos parámetros mecánicos en función de la profundidad de la sección aplicados en la construcción de la presente sección , del análisis de la misma se obtienen los valores de los parámetros aplicados de galonaje, HSI y ROP.

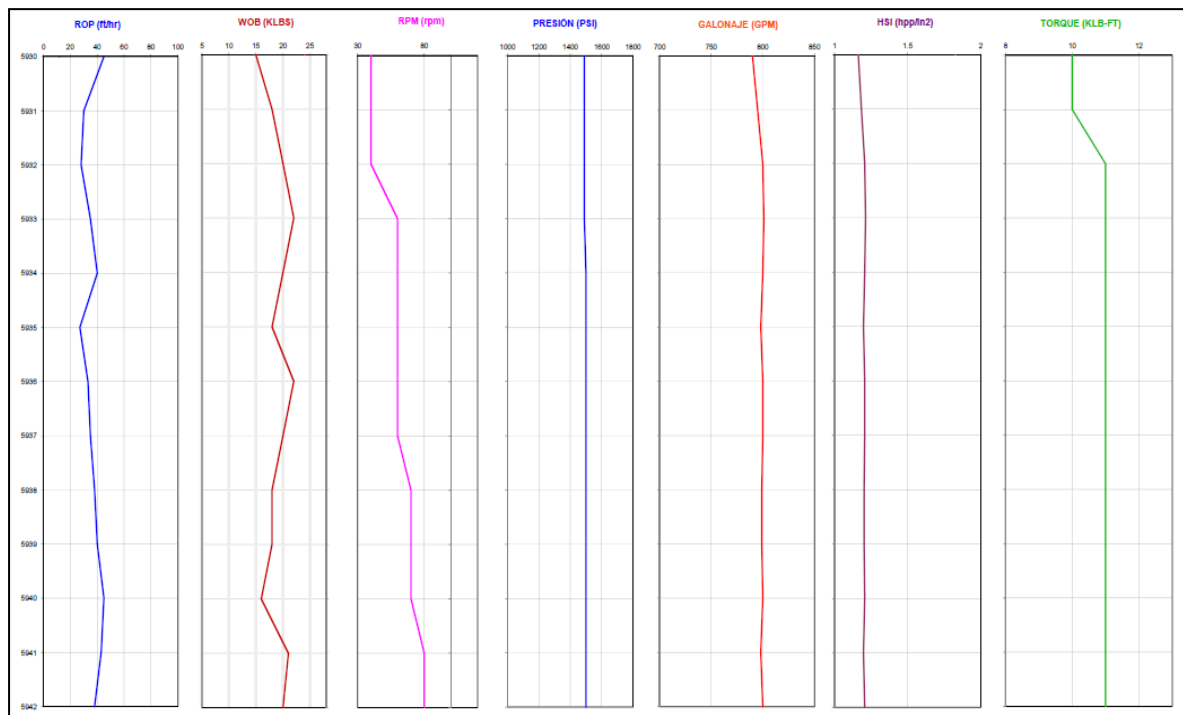


Figura 3.6. Parámetros hidráulicos AGR 26D – Sección 12 ¼ (Parte I)

Fuente: (ARCH, 2014)

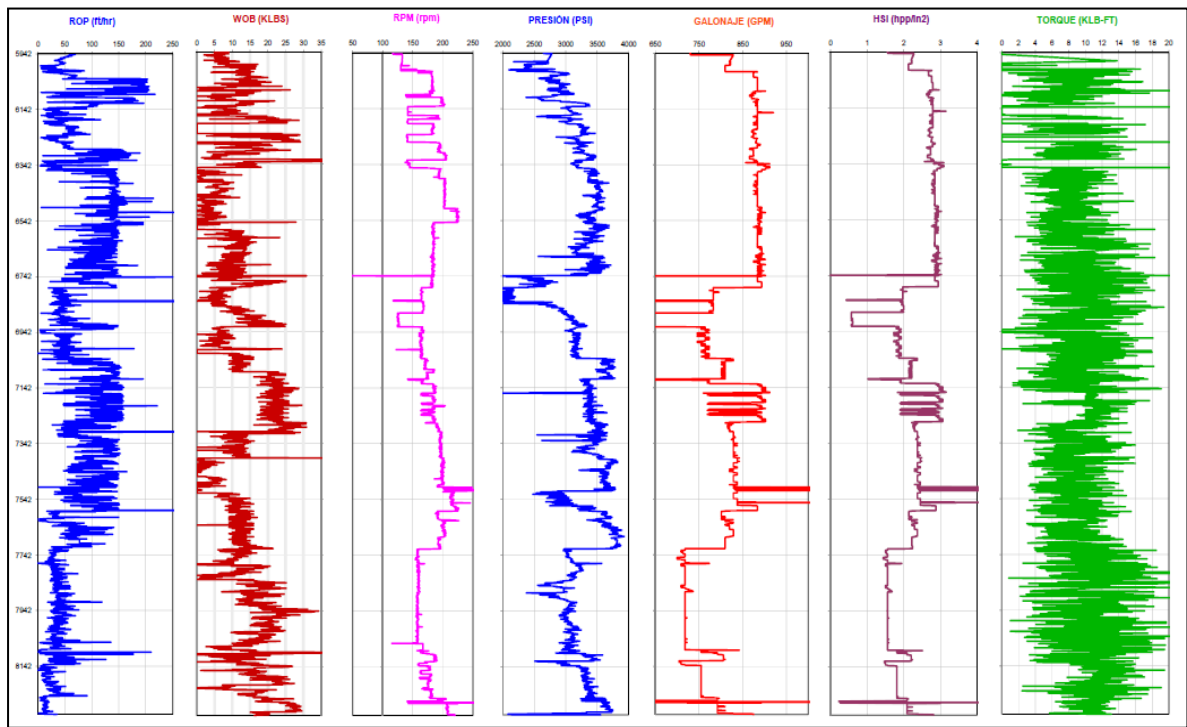


Figura 3.7. Parámetros hidráulicos AGR 26D – Sección 12 ¼ (Parte II)

Fuente: (ARCH, 2014)

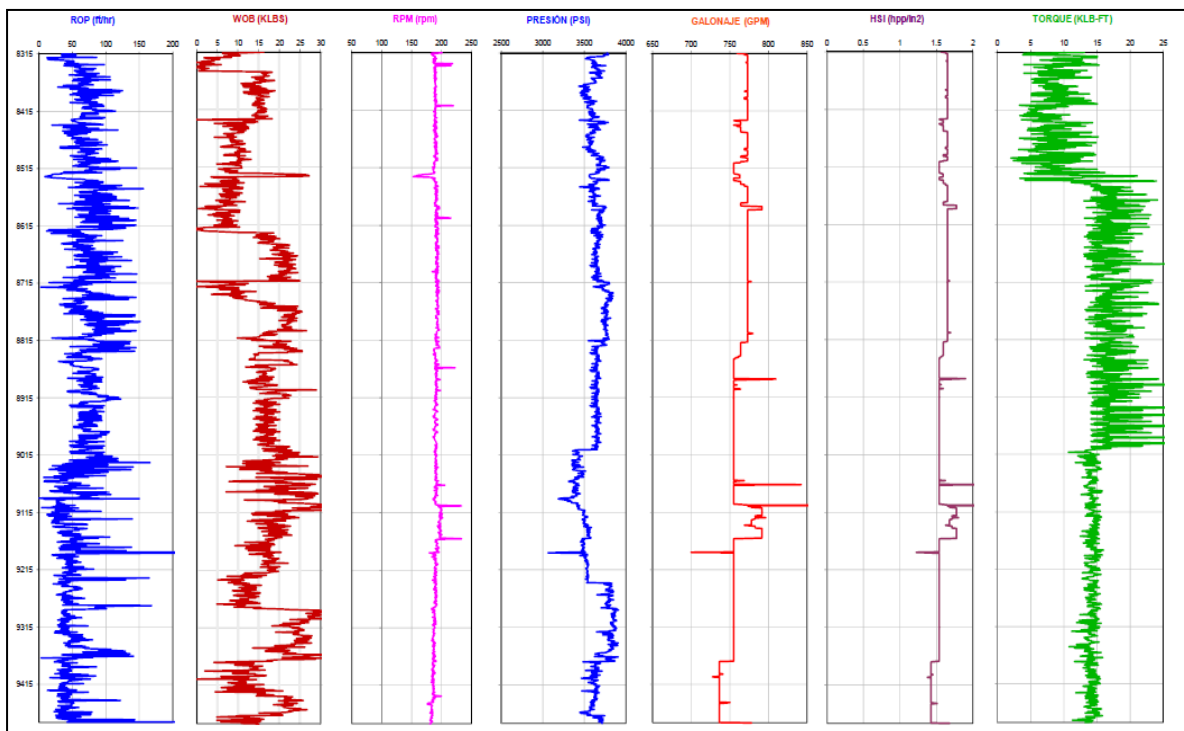


Figura 3.8. Parámetros hidráulicos AGR 26D – Sección 12 ¼ (Parte III)

Fuente: (ARCH, 2014)

3.2.2.3. Sección de 8 ½ ”

Esta sección fue perforada desde los 8943 pies TVD hasta los 9683 pies TVD, utilizando un lodo de perforación que fluctúa entre 8,8 lpg. y 9,5 lpg., con viscosidades comprendidas en un rango de 12 a 20 cp.

Se manejó un galonaje de 460 – 510 gpm., obteniendo un HSI de 1,3 – 2,0 HP/pulg.², lo que representó una tasa de penetración (ROP) entre 75 – 150 ft/h.

La Figura 3.9, es un extracto del reporte de los parámetros hidráulicos de interés de estudio y ciertos parámetros mecánicos en función de la profundidad de la sección aplicada en la construcción de la presente sección, del análisis de la misma se obtienen los valores de los parámetros aplicados de galonaje, HSI y ROP.

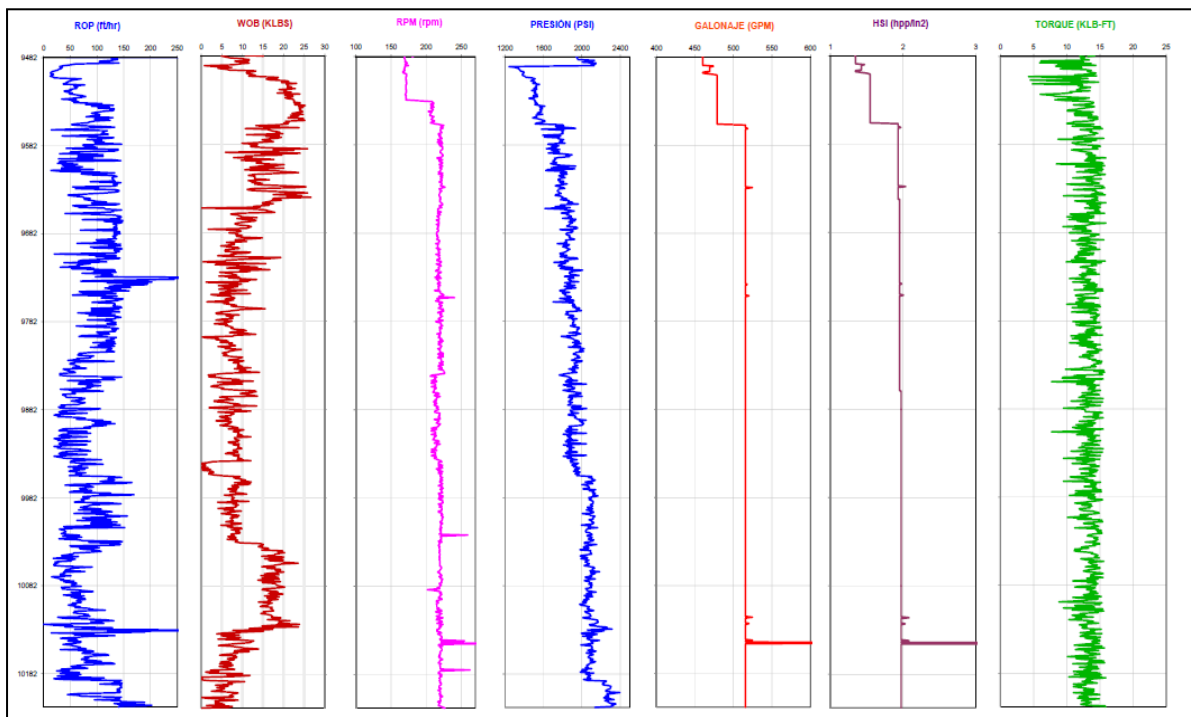


Figura 3.9. Parámetros hidráulicos AGR 26D – Sección 8 ½

Fuente: (ARCH, 2014)

3.2.2.4. Resultados

En base al análisis de los reportes de perforación estudiados que incluyen todos los datos de perforación y parámetros hidráulicos de interés de estudio aplicados en la perforación del pozo, se determina lo siguiente:

La primera sección se completa en un tiempo de 7,58 días, con 0,02 días de NPT, tiempo considerado óptimo para este tipo de operaciones.

La siguiente sección se completó en 12 días con 1,13 días de NPT con parámetros estables hasta los 5900 pies, a partir de esta profundidad se observa que los parámetros se vuelven inestables, sin embargo se mantienen buenos valores de HSI, obtenidos en base a un manejo aceptable del galonaje. La sección de producción se perforo en 23 días con 15,46 días de NPT debido a la necesidad de realizar una operación de pesca por pérdida de liner de 7" a una profundidad de 9028 pies. Luego de retirar el liner y reanudar la operación se mantuvo un galonaje moderado hasta alcanzar el objetivo.

El análisis presenta los valores interpretados de los parámetros de hidráulica de perforación aplicados en la perforación del pozo resumidos en la Tabla 3.2.

Tabla 3.2. Parámetros hidráulicos aplicados pozo AGR 26D (Parte I)

AGR 26D	Sección 16 "		Sección 12,25"		Sección 8,5"	
	Min.	Máy.	Min.	Máy.	Min.	Máy.
Caudal secciones (gpm)	500	1100	700	870	460	510
Caudal promedio secciones (gpm)	800		785		485	
Caudal óptimo acumulado (gpm)	690					

Tabla 3.2. Parámetros hidráulicos aplicados pozo AGR 26D (Parte II)

<i>HSI sección (HP/pulg²)</i>	0,2	3,7	0,5	3	1,3	2
<i>HSI promedio sección (HP/pulg²)</i>	1,95		1,65		1,75	
HSI óptimo acumulado (HP/pulg²)	1,78					
<i>MW (lpg)</i>	8,7	10,6	9,7	10,7	8,8	9,3
<i>MW promedio secciones (lpg)</i>	9,65		10,2		9,05	
<i>MW promedio (lpg)</i>	9,63					
<i>ROP (pie/seg)</i>	95	220	40	150	75	150
<i>ROP secciones (pie/seg)</i>	157,5		95		112,5	
<i>ROP promedio (pie/seg)</i>	121,66					

3.2.3. Análisis del pozo SHUSHUFINDI 124D (SSFD 124D)

El pozo “SSFD 124D”, inició su perforación en el Campo Shushufindi el día 05 de Julio del 2012, fue operado por la empresa contratista Consorcio Shushufindi S.A, utilizando el Rig 128 de Sinopec.

Fue planeado como un pozo de desarrollo y producción y construido como un pozo direccional tipo “S”, alcanzando una inclinación máxima de 32,25°. Fue construido en cuatro secciones: agujero de 26” con casing conductor de 20”; agujero de 16” con casing de superficie de 13 3/8”; agujero de 12 1/4” con casing de producción de 9 5/8”, y la sección más profunda con agujero de 8 1/2” y liner de producción de 7”.

Sus objetivos primarios fueron las areniscas “U” inferior, y sus objetivos secundarios fueron “U” superior, “T” inferior y “T” superior, alcanzando una profundidad de 9624 pies TVD y 10080 pies MD en 27 días de operación.

3.2.3.1. Sección de 16”

Esta sección fue perforada desde los 168 pies TVD hasta los 5350 TVD pies, utilizando un lodo de perforación que fluctúa entre 8,7 lpg. y 10,6 lpg., con viscosidades comprendidas en un rango de 3 a 8 cp. Se manejó un galonaje de 300 – 1000 gpm., obteniendo un HSI de 0,9 – 3,2 HP/pulg.², lo que representó una tasa de penetración (ROP) entre 70 – 250 ft/h.

Las Figuras 3.10 y 3.11 son un extracto del reporte de los parámetros hidráulicos de interés de estudio y ciertos parámetros mecánicos en función de la profundidad de la sección aplicada en la construcción de la presente sección, del análisis de la misma se obtienen los valores de los parámetros aplicados de galonaje, HSI y ROP.

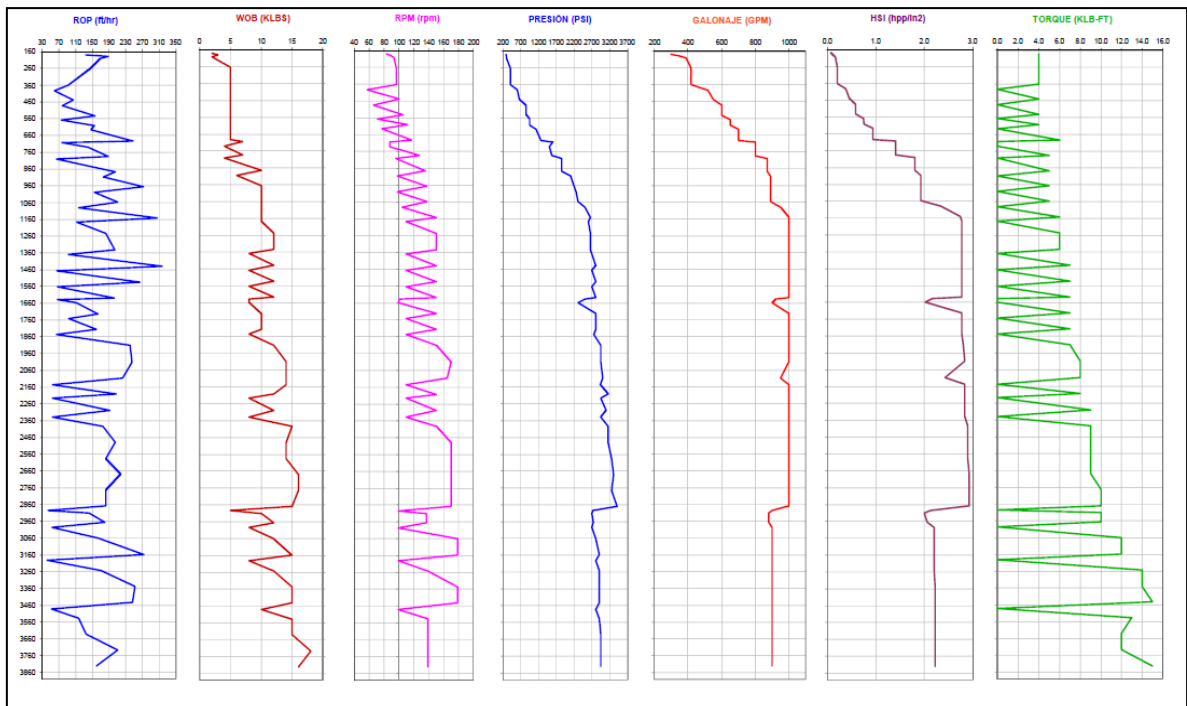


Figura 3.10. Parámetros hidráulicos SSFD 124D – Sección 16” (Parte I)

Fuente: (ARCH, 2014)

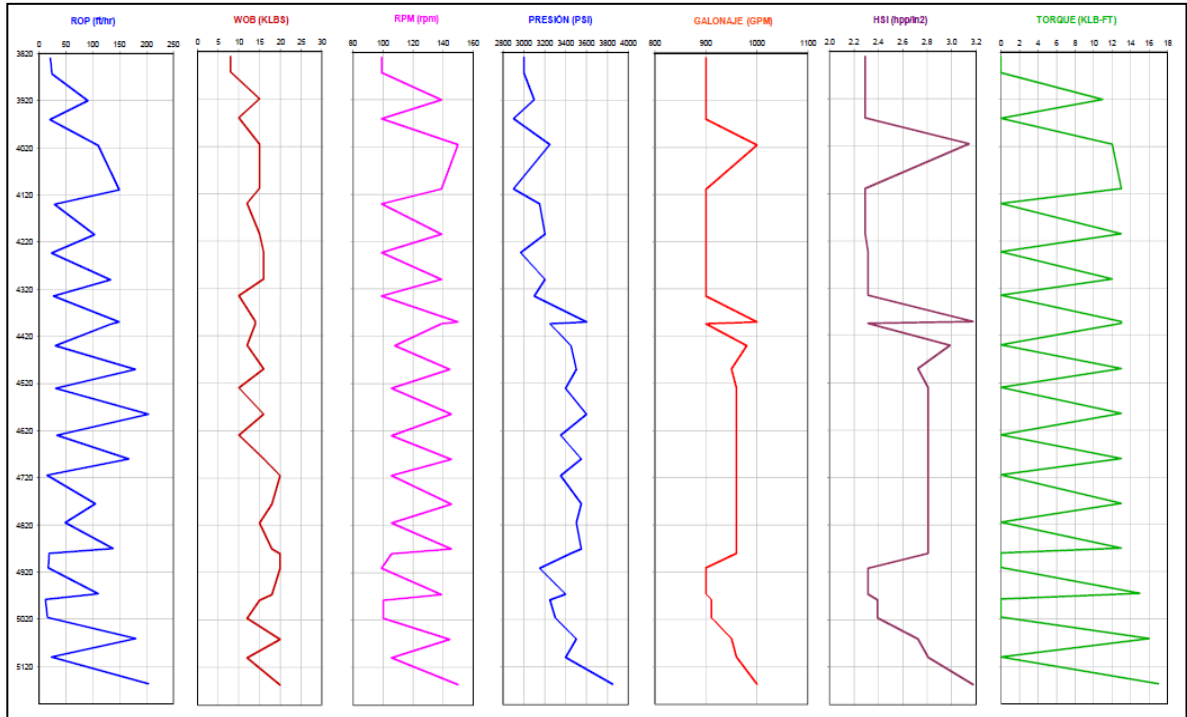


Figura 3.11. Parámetros hidráulicos SSFD 124D – Sección 16” (Parte II)

Fuente: (ARCH, 2014)

3.2.3.2. Sección de 12 ¼ ”

Esta sección fue perforada desde los 5350 pies TVD hasta los 8973 pies TVD, utilizando un lodo de perforación que fluctúa entre 9,7 lpg. y 10,4 lpg., con viscosidades comprendidas en un rango de 9 a 25 cp.

Se manejó un galonaje de 700 – 850 gpm., obteniendo un HSI de 1,2 – 2,5 HP/pulg.², lo que representó una tasa de penetración (ROP) entre 50 – 300 ft/h.

Las Figuras 3.12 y 3.13 son un extracto del reporte de los parámetros hidráulicos de interés de estudio y ciertos parámetros mecánicos en función de la profundidad de la sección aplicada en la construcción de la presente sección, del análisis de la misma se obtienen los valores de los parámetros aplicados de galonaje, HSI y ROP.

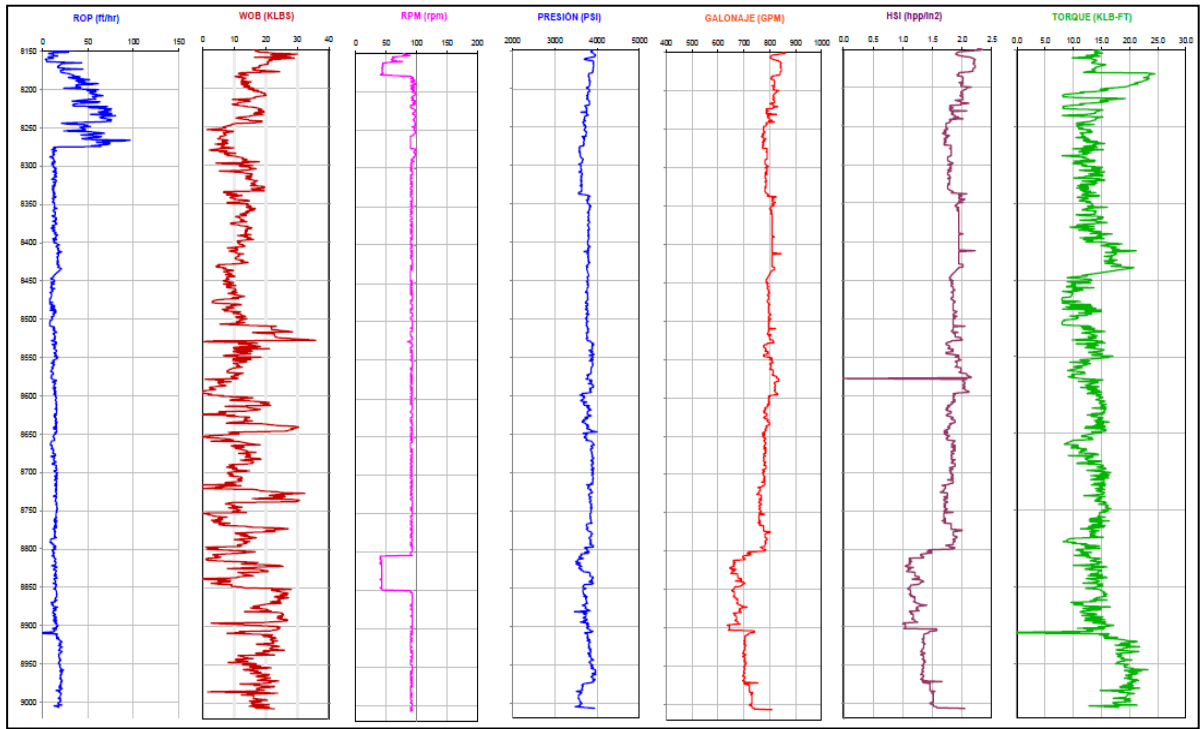


Figura 3.12. Parámetros hidráulicos SSFD 124D – Sección 12 ¼ (Parte I)

Fuente: (ARCH, 2014)

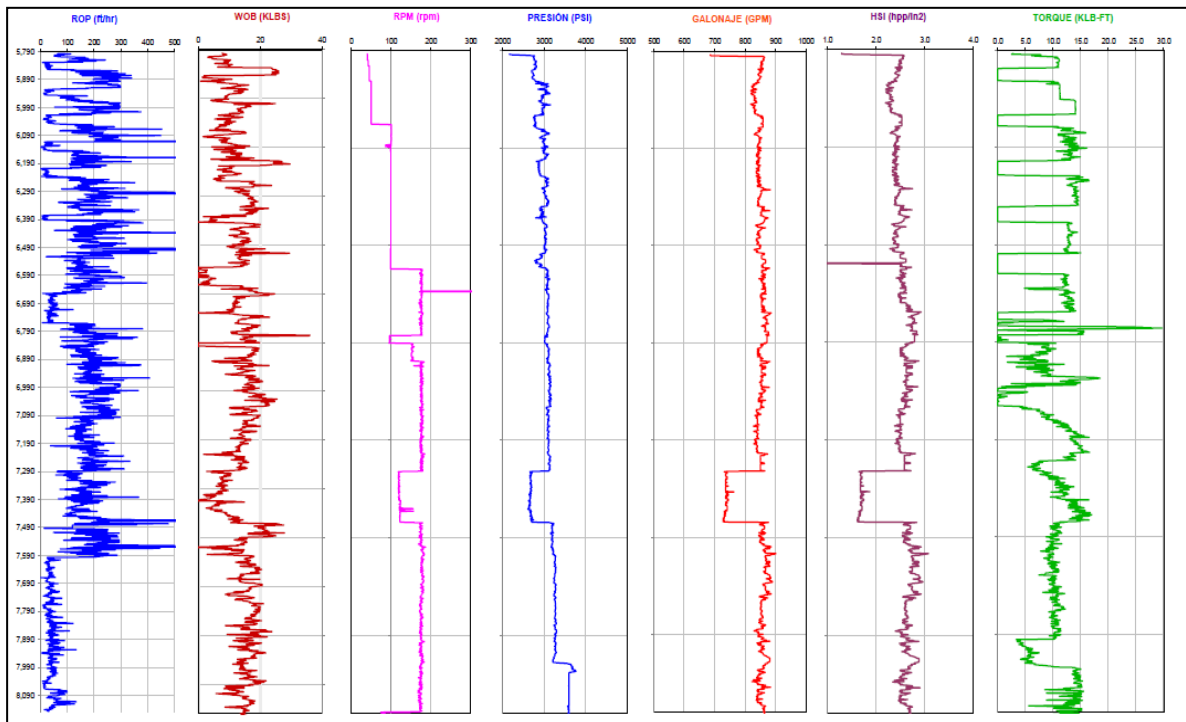


Figura 3.13. Parámetros hidráulicos SSFD 124D – Sección 12 ¼ (Parte II)

Fuente: (ARCH, 2014)

3.2.3.3. Sección de 8 ½ ”

Esta sección fue perforada desde los 8973 pies TVD hasta los 9578 pies TVD, utilizando un lodo de perforación que fluctúa entre 8,8 lpg. y 9,2 lpg. con viscosidades comprendidas en un rango de 16 a 17 cp.

Se manejó un galonaje de 490 – 500 gpm., obteniendo un HSI de 0,3 – 0,5 HP/pulg.², lo que representó una tasa de penetración (ROP) entre 75 – 100 t/h.

La Figura 3.14, es un extracto del reporte de los parámetros hidráulicos de interés de estudio y ciertos parámetros mecánicos en función de la profundidad de la sección aplicada en la construcción de la presente sección, del análisis de la misma se obtienen los valores de los parámetros aplicados de galonaje, HSI y ROP.

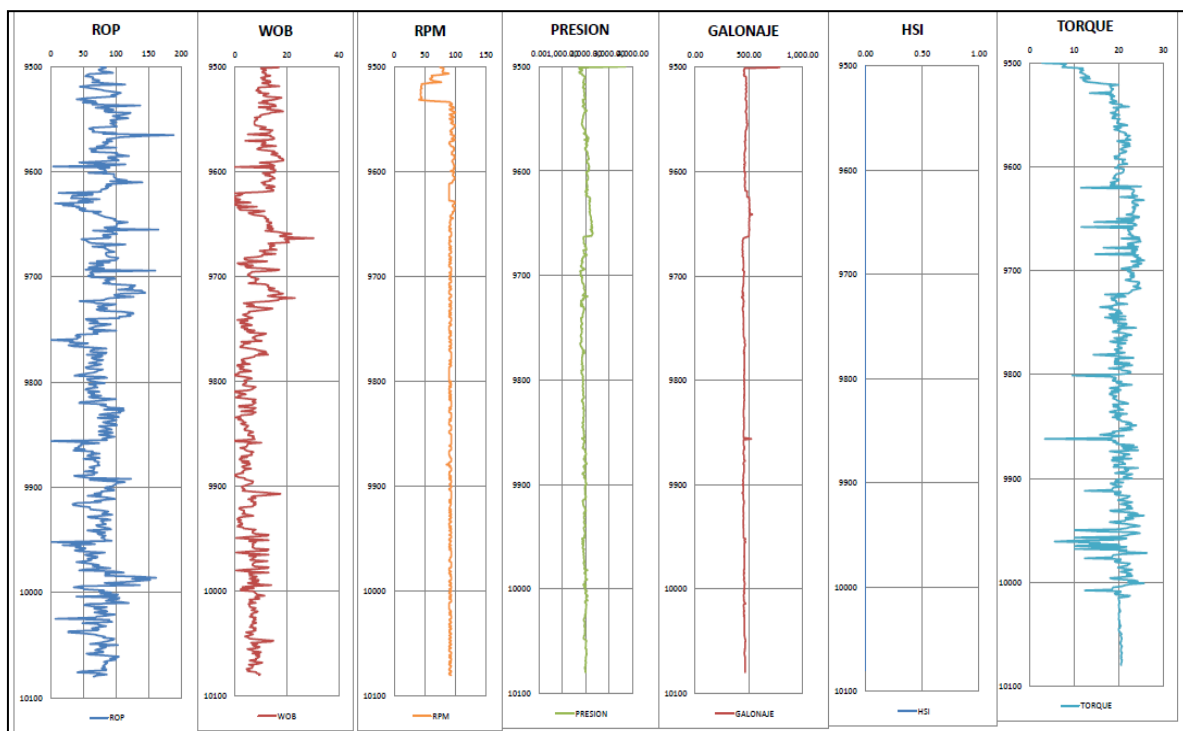


Figura 3.14. Parámetros hidráulicos SSFD 124D – Sección 8 ½ (Parte I)

Fuente: (ARCH, 2014)

3.2.3.4. Resultados

En base al análisis de los reportes de perforación estudiados que incluyen todos los datos de perforación y parámetros hidráulicos de interés de estudio aplicados en la perforación del pozo, se determina lo siguiente:

La primera sección se completa en un tiempo de 9,52 días, con 1,58 días de NPT, debido a problemas externos a la hidráulica de perforación. Para obtener mejores condiciones de limpieza del fondo se bombearon píldoras viscosas lo cual es la causa del incremento de la densidad del lodo de perforación.

La siguiente sección se completó en 10,77 días con 1,15 días de NPT con parámetros estables. Alrededor de los 8900 pies MD, si tuvo un incremento de presión de 200 psi por lo que el galonaje tuvo que llevarse al mínimo para poder mantener el diferencial de presión y poder continuar con la perforación. Una vez superado el evento se alcanzó un ROP de 300 pies/hora, considerado alto. La sección de producción se perforó en 5,3 días con 0,4 días de NPT, lo que no representa problemas mayores. Se mantuvieron parámetros de HSI muy bajos y un galonaje bajo pero estable.

El análisis presenta los valores interpretados de los parámetros de hidráulica de perforación aplicados en la perforación del pozo resumidos en la Tabla 3.3.

Tabla 3.3. Parámetros hidráulicos aplicados pozo SSFD 124D (Parte I)

SSFD 124D	Sección 16 "		Sección 12,25"		Sección 8,5"	
	Min.	Máx.	Min.	Máx.	Min.	Máx.
Caudal secciones (gpm)	300	1000	700	850	490	500
Caudal promedio secciones (gpm)	650		775		495	
Caudal óptimo acumulado (gpm)	640					

Tabla 3.3.Parámetros hidráulicos aplicados pozo SSFD 124D (Parte II)

<i>HSI sección (HP/pulg²)</i>	0,9	3,2	1,2	2,5	0,3	0,5
<i>HSI promedio sección (HP/pulg²)</i>	2,05		1,85		0,4	
HSI óptimo acumulado (HP/pulg²)	1,43					
<i>MW (lpg)</i>	8,7	10,6	9,7	10,4	8,8	9,2
<i>MW promedio secciones (lpg)</i>	9,65		10,05		9	
<i>MW promedio (lpg)</i>	9,56					
<i>ROP (pie/seg)</i>	70	250	50	300	75	100
<i>ROP secciones (pie/seg)</i>	160		175		87,5	
<i>ROP promedio (pie/seg)</i>	140,83					

3.2.4. Análisis del pozo SHUSHUFINDI 224D (SSFD 224D)

El pozo “SSFD 224D”, inició su perforación en el Campo Shushufindi el día 16 de Septiembre del 2012, fue operado por la empresa contratista Consorcio Shushufindi S.A, utilizando el Rig 128 de Sinopec. Fue planeado como un pozo de desarrollo y producción y construido como un pozo direccional tipo “J” modificado, alcanzando una inclinación máxima de 29,53°.

Fue construido en cuatro secciones: agujero de 26” con casing conductor de 20”; agujero de 16” con casing de superficie de 13 3/8”; agujero de 12 1/4” con casing de producción de 9 5/8”, y la sección más profunda con agujero de 8 1/2” y liner de producción de 7”.

Su objetivo primario fue la arenisca “U” inferior, y sus objetivos secundarios fueron “U” superior, “T” inferior y “T” superior, alcanzando una profundidad de 9662,7 pies TVD y 10571 pies MD en 27 días de operación.

3.2.4.1. Sección de 16”

Esta sección fue perforada desde los 171 pies TVD hasta los 5249 TVD pies, utilizando un lodo de perforación que fluctúa entre 8,7 lpg. y 10,6 lpg., con viscosidades comprendidas en un rango de 3 a 9 cp.

Se manejó un galonaje de 500 – 1000 gpm., obteniendo un HSI de 0,5 – 2,2 HP/pulg.², lo que representó una rata de penetración (ROP) entre 150 – 350 ft/h.

La Figura 3.15, es un extracto del reporte de los parámetros hidráulicos de interés de estudio y ciertos parámetros mecánicos en función de la profundidad de la sección aplicados en la construcción de la presente sección, del análisis de la misma se obtienen los valores de los parámetros aplicados de galonaje, HSI y ROP.

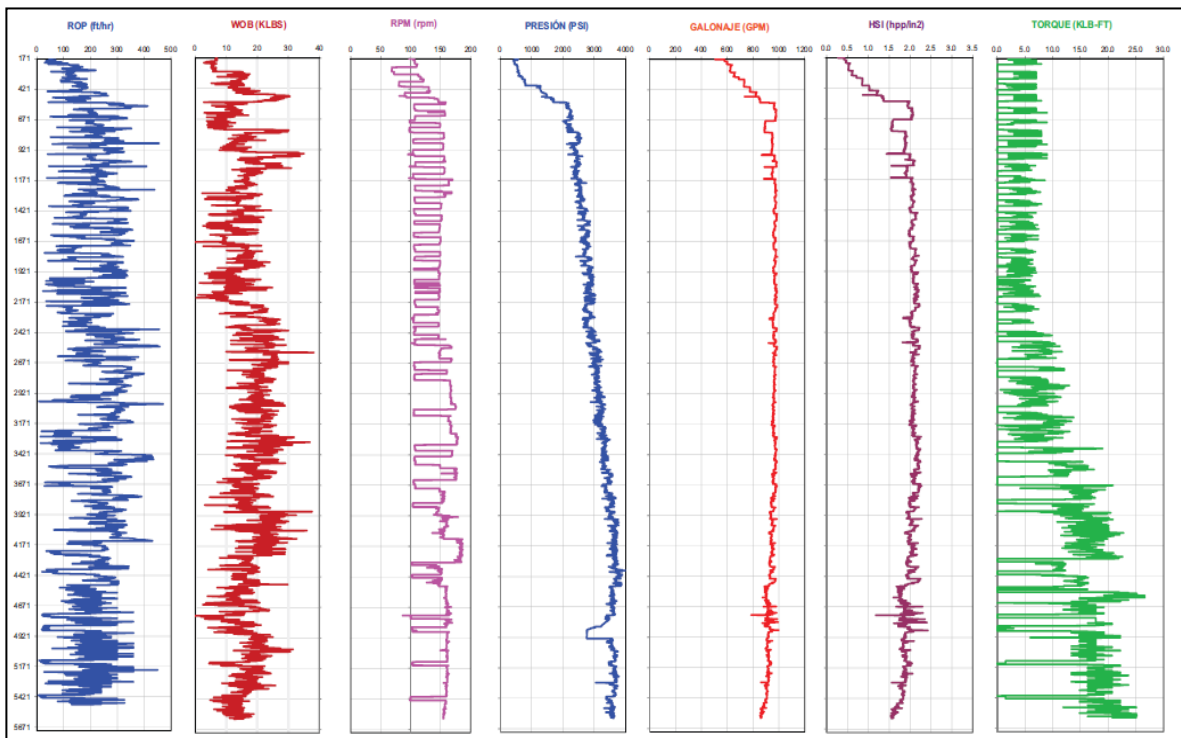


Figura 3.15. Parámetros hidráulicos SSFD 224D – Sección 16”

Fuente: (ARCH, 2014)

3.2.4.2. Sección de 12 ¼ ”

Esta sección fue perforada desde los 5249 pies TVD hasta los 9003 pies TVD, utilizando un lodo de perforación que fluctúa entre 9,7 lpg. y 10,4 lpg. con viscosidades comprendidas en un rango de 11 a 20 cp.

Se manejó un galonaje de 750 – 900 gpm., obteniendo un HSI de 1,8 – 3,0 HP/pulg.², lo que representó una tasa de penetración (ROP) entre 75 – 250 ft/h. Las Figuras 3.16 y 3.17 son un extracto del reporte de los parámetros hidráulicos de interés de estudio y ciertos parámetros mecánicos en función de la profundidad de la sección aplicada en la construcción de la presente sección, del análisis de la misma se obtienen los valores de los parámetros aplicados de galonaje, HSI y ROP.

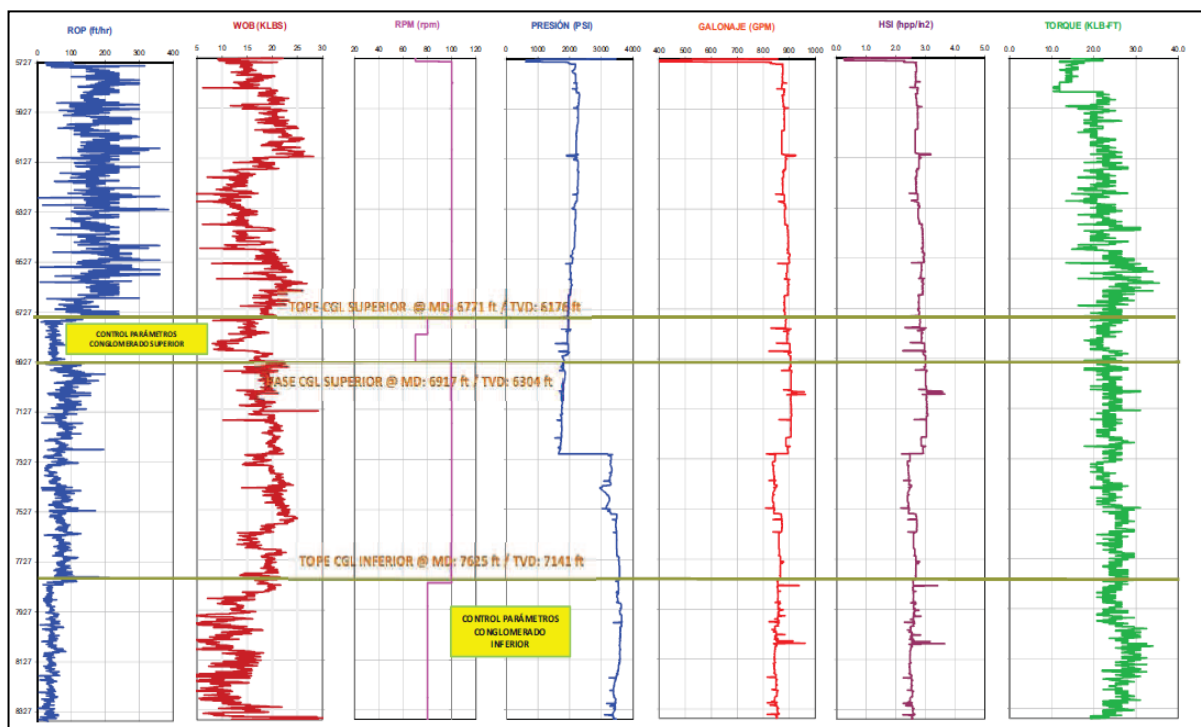


Figura 3.16. Parámetros hidráulicos SSFD 224D – Sección 12 ¼ (Parte II)

Fuente: (ARCH, 2014)

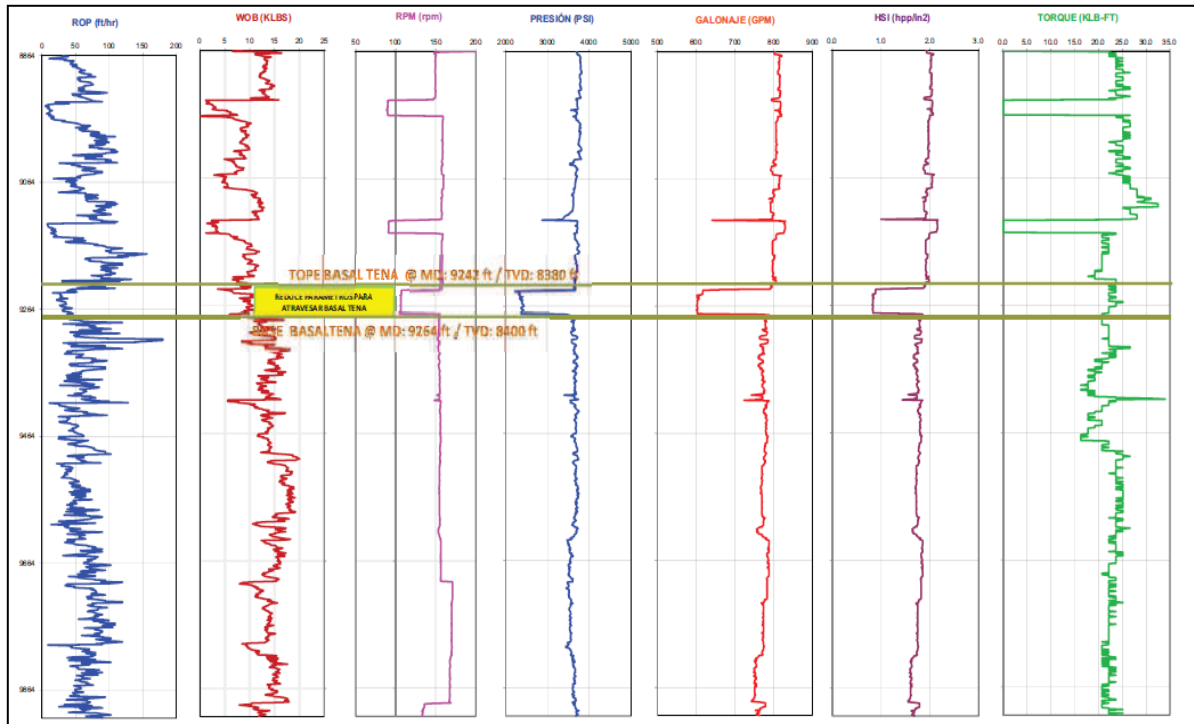


Figura 3.17. Parámetros hidráulicos SSFD 224D – Sección 12 ¼ (Parte II)

Fuente: (ARCH, 2014)

3.2.4.3. Sección de 8 ½ ”

Esta sección fue perforada desde los 9003 pies TVD hasta los 9662 pies TVD, utilizando un lodo de perforación que fluctúa entre 8,8 lpg. y 9,2 lpg. con viscosidades comprendidas en un rango de 16 a 17 cp.

Se manejó un galonaje de 380 – 410 gpm., obteniendo un HSI de 0,4 – 0,5 HP/pulg.², lo que representó una tasa de penetración (ROP) entre 60 – 125 ft/h.

La Figura 3.18, es un extracto del reporte de los parámetros hidráulicos de interés de estudio y ciertos parámetros mecánicos en función de la profundidad de la sección aplicada en la construcción de la presente sección, del análisis de la misma se obtienen los valores de los parámetros aplicados de galonaje, HSI y ROP.

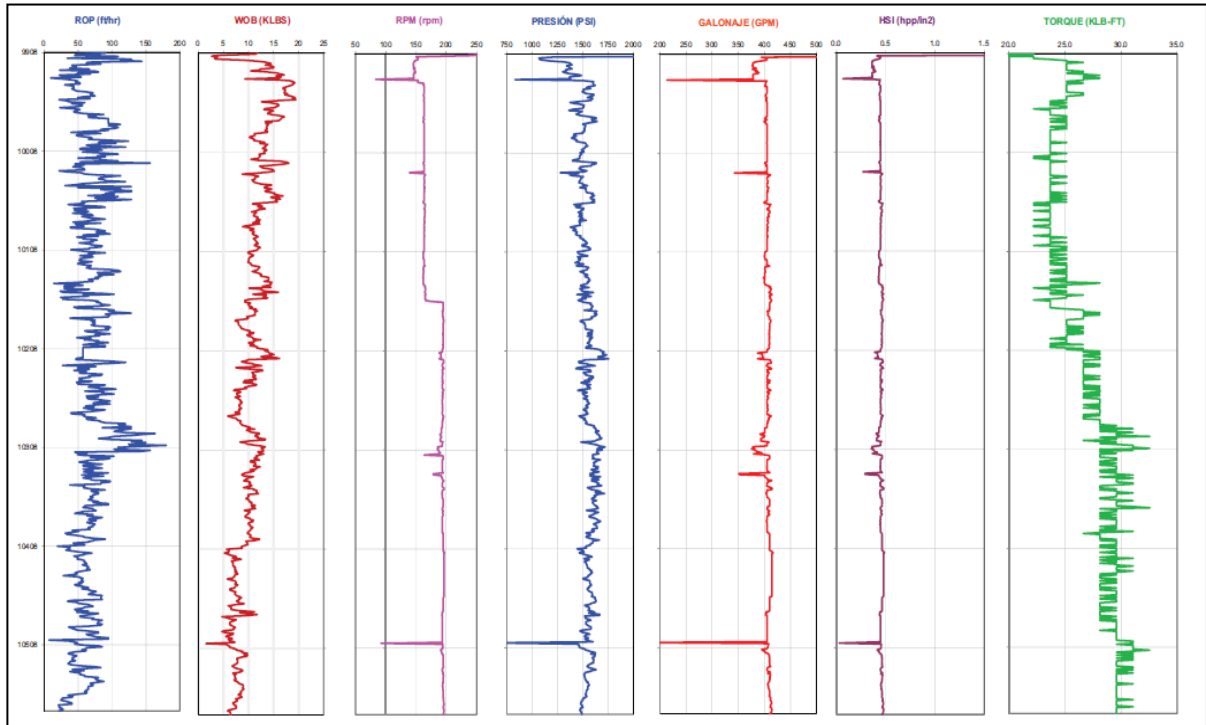


Figura 3.18. Parámetros hidráulicos SSFD 224D – Sección 8 ½

Fuente: (ARCH, 2014)

3.2.4.4. Resultados

En base al análisis de los reportes de perforación estudiados que incluyen todos los datos de perforación y parámetros hidráulicos de interés de estudio aplicados en la perforación del pozo, se determina lo siguiente:

La primera sección se completa en un tiempo de 5,77 días, con 0,05 días de NPT perforada con parámetros estables.

La sección intermedia se completó en 9,07 días con 3,23 días de NPT debido a fallas mecánicas del taladro.

La sección de producción se perforo en 4,93 días con 0,0 días de NPT, por lo que los parámetros de esta sección se pueden tomar como los ideales debido a su buena rata de penetración y a su estabilidad.

El análisis presenta los valores interpretados de los parámetros de hidráulica de perforación aplicados en la perforación del pozo resumidos en la Tabla 3.4.

Tabla 3.4. Parámetros hidráulicos aplicados pozo SSFD 224D

SSFD 224 D	Sección 16 "		Sección 12,25"		Sección 8,5"	
	Min.	Máx.	Min.	Máx.	Min.	Máx.
Caudal secciones (gpm)	500	1000	750	950	380	410
Caudal promedio secciones (gpm)	750		850		395	
Caudal óptimo acumulado (gpm)	665					
<i>HSI sección (HP/pulg²)</i>	0,5	2,2	1,8	3	0,4	0,5
<i>HSI promedio sección (HP/pulg²)</i>	1,35		2,4		0,45	
HSI óptimo acumulado (HP/pulg²)	1,4					
<i>MW (lpg)</i>	8,7	10,6	9,7	10,4	8,8	9,2
<i>MW promedio secciones (lpg)</i>	9,65		10,05		9	
<i>MW promedio (lpg)</i>	9,56					
<i>ROP (pie/seg)</i>	150	350	75	250	60	125
<i>ROP secciones (pie/seg)</i>	250		162,5		92,5	
<i>ROP promedio (pie/seg)</i>	168,33					

3.2.5. Análisis del pozo SHUSHUFINDI 154D (SSFD 154D)

El pozo "SSFD 154D", inició su perforación en el Campo Shushufindi el día 12 de Noviembre del 2012, fue operado por la empresa contratista Consorcio Shushufindi S.A, utilizando el Rig 15 de Hilong.

Fue planeado como un pozo de desarrollo y producción y construido como un pozo direccional tipo "S", alcanzando una inclinación máxima de 30,75°.

Fue construido en cuatro secciones: agujero de 26" con casing conductor de 20"; agujero de 16" con casing de superficie de 13 3/8"; agujero de 12 1/4" con casing de producción de 9 5/8", y la sección más profunda con agujero de 8 1/2" y liner de producción de 7".

Su objetivo primario fue la arenisca "T" inferior, y sus objetivos secundarios fueron "U" superior, "T" superior y "U" inferior, alcanzando una profundidad de 9550 pies TVD y 9950 pies MD en 32 días de operación.

3.2.5.1. Sección de 16"

Esta sección fue perforada desde los 263 pies TVD hasta los 5275 TVD pies, utilizando un lodo de perforación que fluctúa entre 8,7 lpg. y 10,7 lpg., con viscosidades comprendidas en un rango de 6 a 12 cp.

Se manejó un galonaje de 750 – 1000 gpm., obteniendo un HSI de 0,3 – 3,8 HP/pulg.², lo que representó una rata de penetración (ROP) entre 100 – 220 ft/h.

Las Figuras 3.19 y 3.20 son un extracto del reporte de los parámetros hidráulicos de interés de estudio y ciertos parámetros mecánicos en función de la profundidad de la sección aplicada en la construcción de la presente sección, del análisis de la misma se obtienen los valores de los parámetros aplicados de galonaje, HSI y ROP. Particularmente la figura muestra una clara relación entre los parámetros de galonaje y de HSI, se observa el incremento de HSI con el incremento proporcional del galonaje.

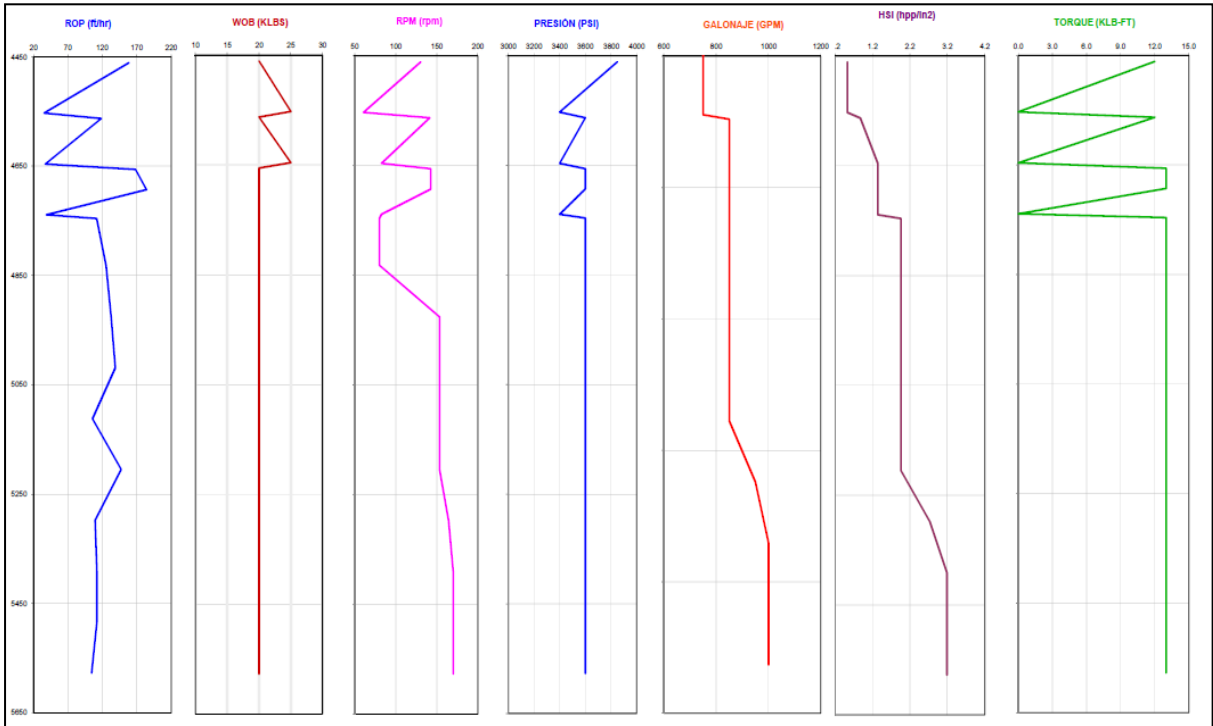


Figura 3.19. Parámetros hidráulicos SSFD 154D – Sección 16" (Parte I)

Fuente: (ARCH, 2014)

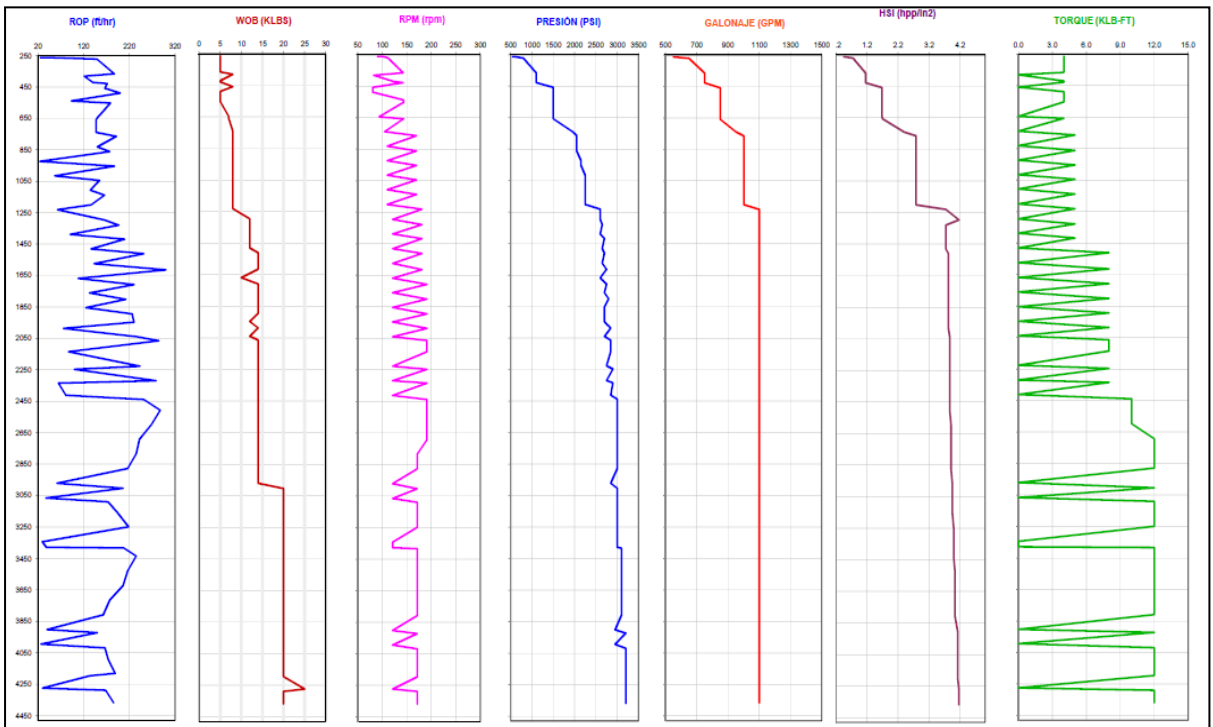


Figura 3.20. Parámetros hidráulicos SSFD 154D – Sección 16" (Parte II)

Fuente: (ARCH, 2014)

3.2.5.2. Sección de 12 ¼ ”

Esta sección fue perforada desde los 5275 pies TVD hasta los 8946 pies TVD, utilizando un lodo de perforación que fluctúa entre 10,0 lpg. y 10,5 lpg. con viscosidades comprendidas en un rango de 12 a 20 cp.

Se manejó un galonaje de 800 – 1000 gpm., obteniendo un HSI de 1,5 – 4,0 HP/pulg.², lo que representó una tasa de penetración (ROP) entre 50 – 350 ft/h.

La Figura 3.21, es un extracto del reporte de los parámetros hidráulicos de interés de estudio y ciertos parámetros mecánicos en función de la profundidad de la sección aplicada en la construcción de la presente sección, del análisis de la misma se obtienen los valores de los parámetros aplicados de galonaje, HSI y ROP.

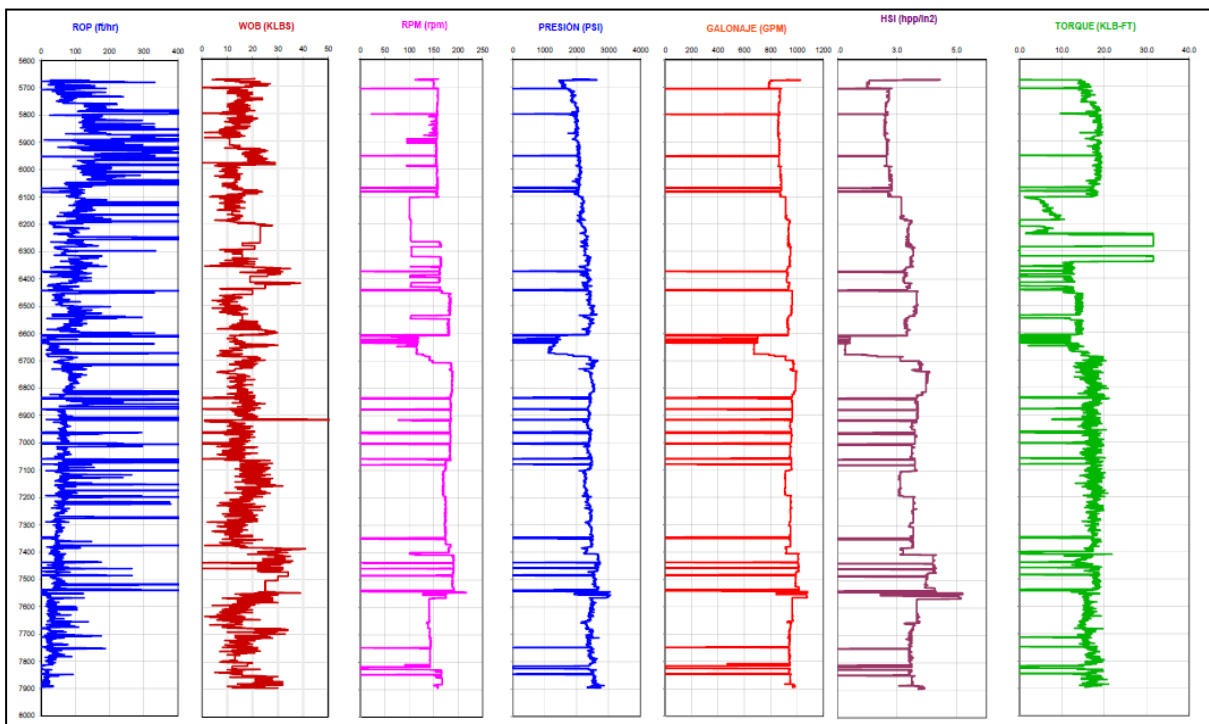


Figura 3.21. Parámetros hidráulicos SSFD 154D – Sección 12 ¼

Fuente: (ARCH, 2014)

3.2.5.3. Sección de 8 ½ ”

Esta sección fue perforada desde los 8946 pies TVD hasta los 9550 pies TVD, utilizando un lodo de perforación que fluctúa entre 8,9 lpg. y 9,2 lpg. con viscosidades comprendidas en un rango de 17 a 18 cp.

Se manejó un galonaje constante de 850 gpm., obteniendo un HSI estable de 2,5 HP/pulg.², lo que representó una tasa de penetración (ROP) entre 80 – 220 ft/h.

La Figura 3.22, es un extracto del reporte de los parámetros hidráulicos de interés de estudio y ciertos parámetros mecánicos en función de la profundidad de la sección aplicada en la construcción de la presente sección, del análisis de la misma se obtienen los valores de los parámetros aplicados de galonaje, HSI y ROP.

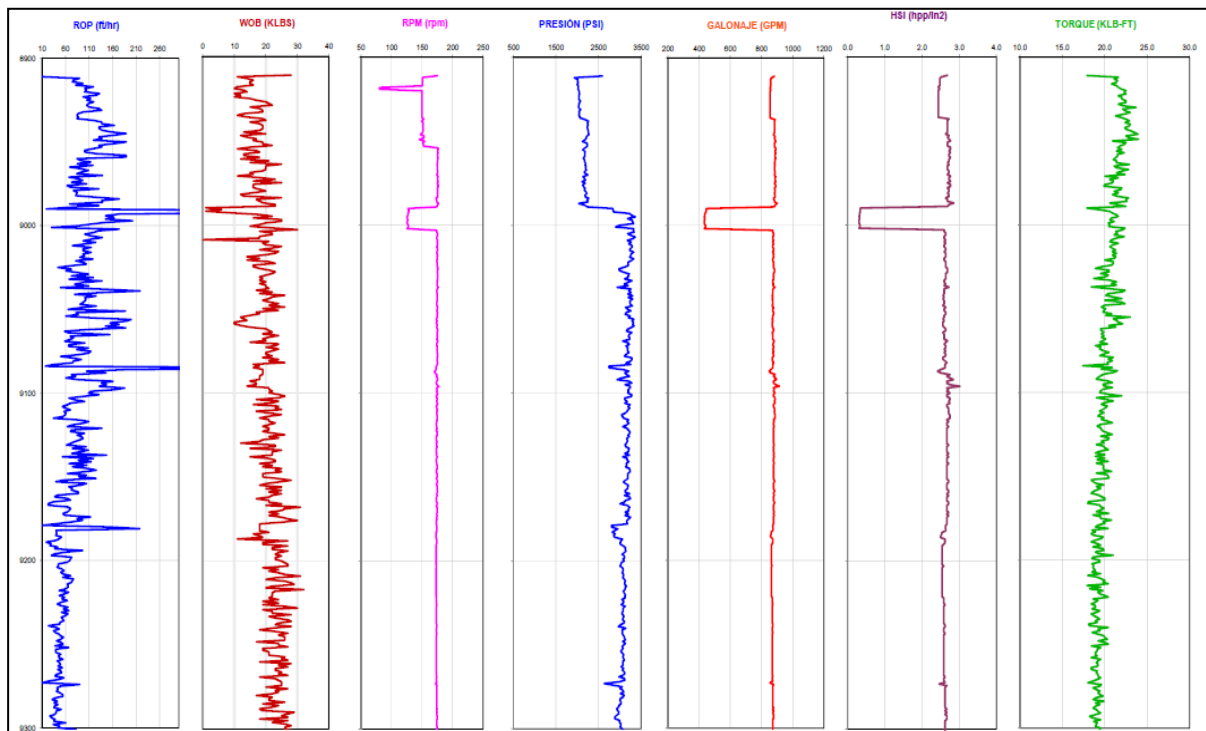


Figura 3.22. Parámetros hidráulicos SSFD 154D – Sección 8 ½

Fuente: (ARCH, 2014)

3.2.5.4. Resultados

En base al análisis de los reportes de perforación estudiados que incluyen todos los datos de perforación y parámetros hidráulicos de interés de estudio aplicados en la perforación del pozo, se determina lo siguiente:

La primera sección se completa en un tiempo de 5,98 días, con 0,9 días de NPT, con valores de ROP adecuados.

La sección intermedia se completó en 10,38 días con 6,46 días de NPT debido a fallas en la cementación, superado el inconveniente se manejan altos valores de ROP (350 pies/hora).

La sección de producción se perforó sin ningún inconveniente mayor en 6,35 días con 0,08 días de NPT, con una rata de penetración por encima del promedio.

El análisis presenta los valores interpretados de los parámetros de hidráulica de perforación aplicados en la perforación del pozo resumidos en la Tabla 3.5.

Tabla 3.5. Parámetros hidráulicos aplicados pozo SSFD 154D (Parte I)

SSFD 154 D	Sección 16 "		Sección 12,25"		Sección 8,5"	
	Min.	Máx.	Min.	Máx.	Min.	Máx.
Caudal secciones (gpm)	750	1000	800	1000	850	850
Caudal promedio secciones (gpm)	875		900		850	
Caudal óptimo acumulado (gpm)	875					
<i>HSI sección (HP/pulg²)</i>	0,3	3,8	1,5	4	2,5	2,5
<i>HSI promedio sección (HP/pulg²)</i>	2,05		2,75		2,5	
HSI óptimo acumulado (HP/pulg²)	2,43					

Tabla 3.5. Parámetros hidráulicos aplicados pozo SSFD 154D (Parte II)

<i>MW (lpg)</i>	8,7	10,7	10	10,5	8,9	9,2
<i>MW promedio secciones (lpg)</i>	9,7		10,25		9,05	
<i>MW promedio (lpg)</i>	9,677					
<i>ROP (pie/seg)</i>	100	220	50	350	80	220
<i>ROP secciones (pie/seg)</i>	160		200		150	
<i>ROP promedio (pie/seg)</i>	170					

3.2.6. Análisis del pozo AGUARICO 25D (AGR 25D)

El pozo “AGR 25D”, inició su perforación en el Campo Shushufindi el día 28 de Octubre del 2012, fue operado por la empresa contratista Consorcio Shushufindi S.A, utilizando el Rig 169 de Sinopec.

Fue planeado como un pozo de desarrollo y producción y construido como un pozo direccional tipo “S”, alcanzando una inclinación máxima de 28,98°.

Fue construido en cuatro secciones: agujero de 26” con casing conductor de 20”; agujero de 16” con casing de superficie de 13 ³/₈”; agujero de 12 ¹/₄” con casing de producción de 9 ⁵/₈”, y la sección más profunda con agujero de 8 ¹/₂” y liner de producción de 7”.

Su objetivo primario fue la arenisca “U” inferior y “T” inferior, y sus objetivos secundarios fueron Basal Tena, “U” superior y “T” superior, alcanzando una profundidad de 9678 pies TVD y 9970 pies MD en 23 días de operación.

3.2.6.1. Sección de 16”

Esta sección fue perforada desde los 217 pies TVD hasta los 5349 TVD pies, utilizando un lodo de perforación que fluctúa entre 8,7 lpg. y 10,7 lpg. con viscosidades comprendidas en un rango de 4 a 11 cp.

Se manejó un galonaje de 850 – 980 gpm., obteniendo un HSI casi constante de 1,8 HP/pulg.², lo que representó una rata de penetración (ROP) entre 120 – 240 ft/h.

La Figura 3.23, es un extracto del reporte de los parámetros hidráulicos de interés de estudio y ciertos parámetros mecánicos en función de la profundidad de la sección aplicada en la construcción de la presente sección, del análisis de la misma se obtienen los valores de los parámetros aplicados de galonaje, HSI y ROP.

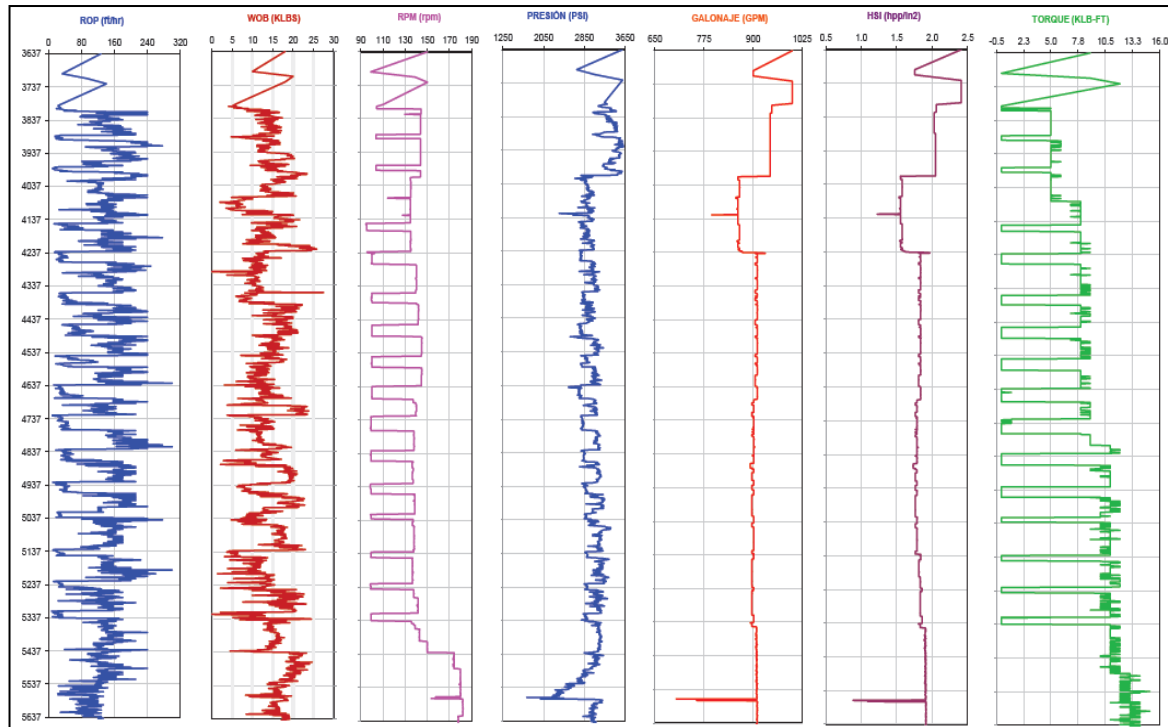


Figura 3.23. Parámetros hidráulicos AGR 25D – Sección 16”

Fuente: (ARCH, 2014)

3.2.6.2. Sección de 12 ¼ ”

Esta sección fue perforada desde los 5349 pies TVD hasta los 9027 pies TVD, utilizando un lodo de perforación que fluctúa entre 9,7 lpg. y 10,8 lpg. con viscosidades comprendidas en un rango de 7 a 21 cp.

Se manejó un galonaje de 650 – 850 gpm., obteniendo un HSI de 1,5 – 3,5 HP/pulg.², lo que representó una rata de penetración (ROP) entre 70 – 160 ft/h. La Figura 3.24, es un extracto del reporte de los parámetros hidráulicos de interés de estudio y ciertos parámetros mecánicos en función de la profundidad de la sección aplicada en la construcción de la presente sección, del análisis de la misma se obtienen los valores de los parámetros aplicados de galonaje, HSI y ROP. Los rangos representados entre las líneas rojas horizontales no representan datos significativos de los parámetros de hidráulica de perforación o de interés del presente estudio, puesto que representan lapsos de toma de muestras de cores de perforación que generalmente se realizan en los topes formacionales, razón por la cual no son considerados dentro de la sección estudiada.

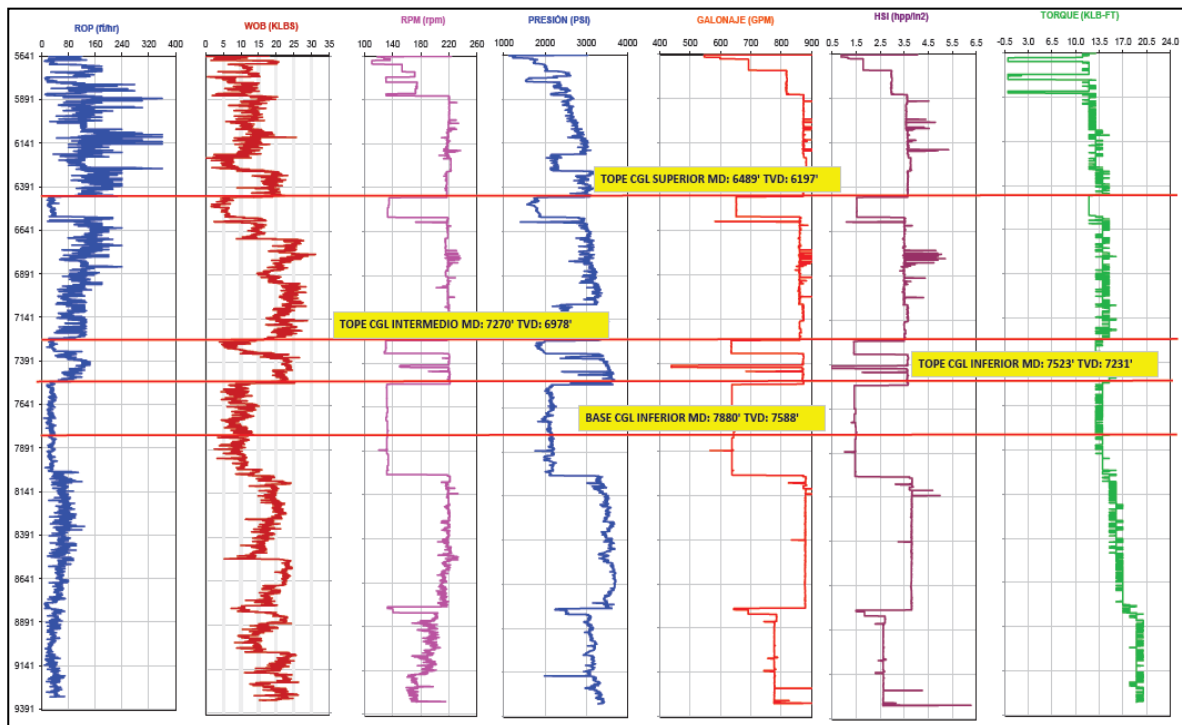


Figura 3.24. Parámetros hidráulicos AGR 25D – Sección 12 ¼

Fuente: (ARCH, 2014)

3.2.6.3. Sección de 8 ½ ”

Esta sección fue perforada desde los 9027 pies TVD hasta los 9677 pies TVD, utilizando un lodo de perforación que fluctúa entre 8,8 lpg. y 9,2 lpg. con viscosidades comprendidas en un rango de 12 a 20 cp.

Se manejó un galonaje constante de 410 gpm., obteniendo un HSI estable de 3,5 HP/pulg.², lo que representó una rata de penetración (ROP) entre 80 – 220 ft/h.

La Figura 3.25, es un extracto del reporte de los parámetros hidráulicos de interés de estudio y ciertos parámetros mecánicos en función de la profundidad de la sección aplicada en la construcción de la presente sección, del análisis de la misma se obtienen los valores de los parámetros aplicados de galonaje, HSI y ROP.

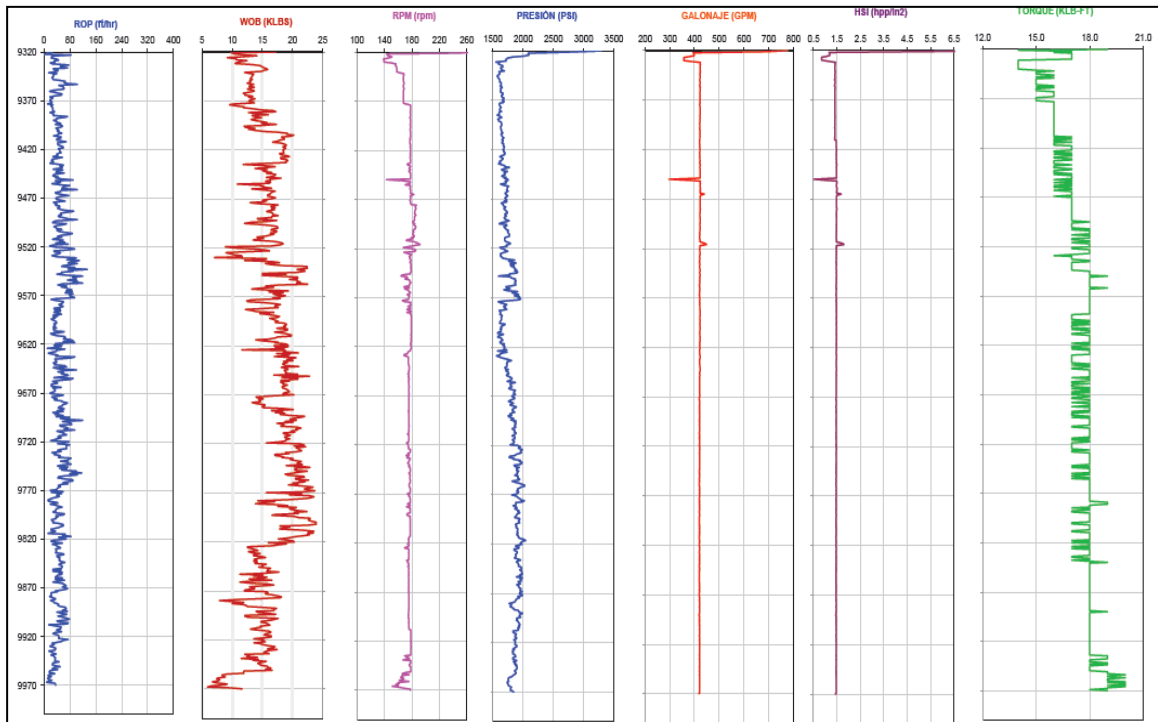


Figura 3.25. Parámetros hidráulicos AGR 25D – Sección 8 ½

Fuente: (ARCH, 2014)

3.2.6.4. Resultados

En base al análisis de los reportes de perforación estudiados que incluyen todos los datos de perforación y parámetros hidráulicos de interés de estudio aplicados en la perforación del pozo, se determina lo siguiente:

La primera sección se completa en un tiempo de 7,67 días, con 0,27 días de NPT, con valores de ROP relativamente altos para esta sección.

La sección intermedia se completó en 10,82 días con 0,31 días de NPT sin ninguna falla considerable, se mantuvieron galonajes y valores de HSI estables durante toda la construcción de la sección representado en valores aceptables de ROP.

La sección de producción se perforó en 3,98 días con 0,00 días de NPT, con una rata de penetración baja pero estable para asegurar alcanzar el objetivo planeado. El análisis presenta los valores interpretados de los parámetros de hidráulica de perforación aplicados en la perforación del pozo resumidos en la Tabla 3.6.

Tabla 3.6. Parámetros hidráulicos aplicados pozo AGR 25D (Parte I)

AGR 25D	Sección 16 "		Sección 12,25"		Sección 8,5"	
	Min.	Máx.	Min.	Máx.	Min.	Máx.
Caudal secciones (gpm)	850	980	650	850	410	410
Caudal promedio secciones (gpm)	915		750		410	
Caudal óptimo acumulado (gpm)	691,66					
HSI sección (HP/pulg ²)	1,8	1,8	1,5	3,5	3,5	3,5
HSI promedio sección (HP/pulg ²)	1,8		2,5		3,5	
HSI óptimo acumulado (HP/pulg²)	2,6					

Tabla 3.6. Parámetros hidráulicos aplicados pozo AGR 25D (Parte II)

MW (lpg)	8,7	10,7	9,7	10,8	8,8	9,2
MW promedio secciones (lpg)	9,7		10,25		9	
MW promedio (lpg)	9,65					
ROP (pie/seg)	120	240	70	160	40	40
ROP secciones (pie/seg)	180		115		40	
ROP promedio (pie/seg)	111,66					

3.2.7. Análisis del pozo SHUSHUFINDI 246D (SSFD 246D)

El pozo “SSFD 246D”, inició su perforación en el Campo Shushufindi el día 20 de Enero del 2013, fue operado por la empresa contratista Consorcio Shushufindi S.A, utilizando el Rig 176 de H&P. Fue planeado como un pozo de desarrollo y producción y construido como un pozo direccional tipo “J”, alcanzando una inclinación máxima de 25,43°.

Fue construido en cuatro secciones: agujero de 26” con casing conductor de 20”; agujero de 16” con casing de superficie de 13 ³/₈”; agujero de 12 ¹/₄” con casing de producción de 9 ⁵/₈”, y la sección más profunda con agujero de 8 ¹/₂” y liner de producción de 7”.

Su objetivo primario fue la arenisca “U” inferior y “T” inferior, y sus objetivos secundarios fueron las arenas, “U” superior y “T” superior, alcanzando una profundidad de 9560 pies TVD y 9810 pies MD en 22 días de operación.

3.2.7.1. Sección de 16"

Esta sección fue perforada desde los 218 pies TVD hasta los 5393 TVD pies, utilizando un lodo de perforación que fluctúa entre 8,7 lpg. y 10,6 lpg., con viscosidades comprendidas en un rango de 7 a 11 cp. Se manejó un galonaje de 300 – 950 gpm., obteniendo un HSI en el rango de 0,25 a 2,5 HP/pulg.², lo que representó una rata de penetración (ROP) entre 50 – 300 ft/h.

La Figura 3.26, es un extracto del reporte de los parámetros hidráulicos de interés de estudio y ciertos parámetros mecánicos en función de la profundidad de la sección aplicada en la construcción de la presente sección, del análisis de la misma se obtienen los valores de los parámetros aplicados de galonaje, HSI y ROP.

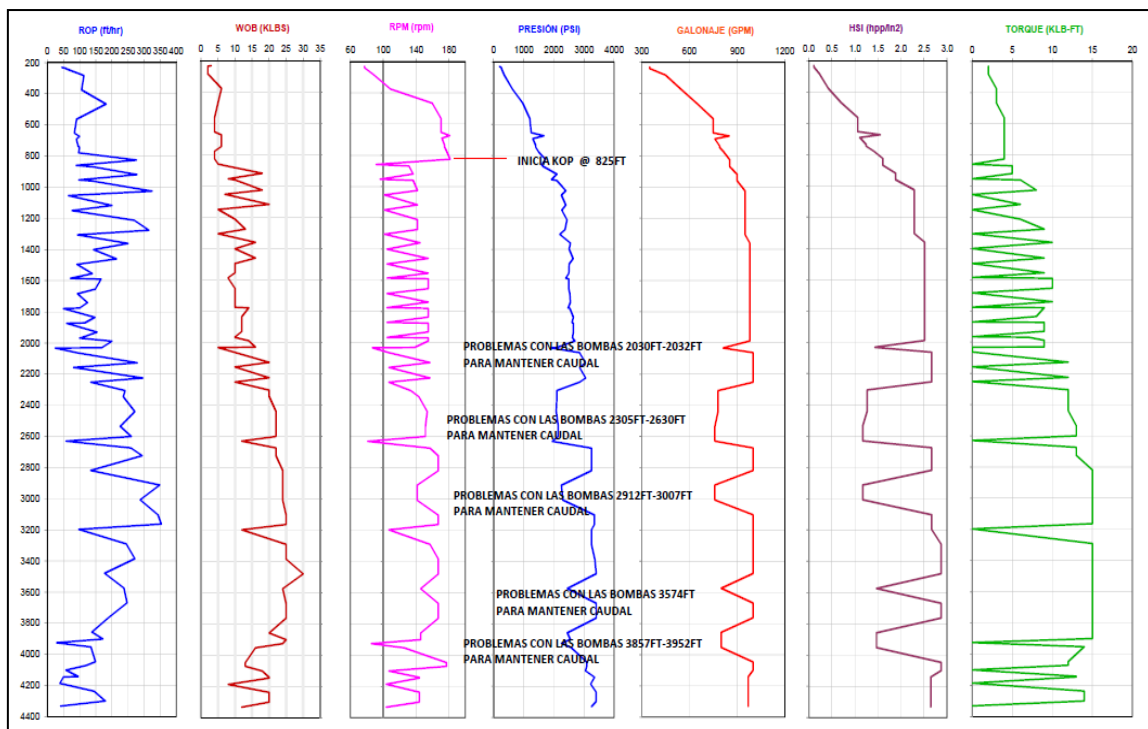


Figura 3.26. Parámetros hidráulicos SSFD 246D – Sección 16"

Fuente: (ARCH, 2014)

3.2.7.2. Sección de 12 ¼ ”

Esta sección fue perforada desde los 5393 pies TVD hasta los 8943 pies TVD, utilizando un lodo de perforación que fluctúa entre 8,7 lpg. y 10,8 lpg., con viscosidades comprendidas en un rango de 10 a 23 cp. Se manejó un galonaje de 300 – 890 gpm., obteniendo un HSI de 1,1 – 4 HP/pulg.², lo que representó una rata de penetración (ROP) entre 70 – 160 ft/h. La Figura 3.27 y 3.28, son un extracto del reporte de los parámetros hidráulicos de interés de estudio y ciertos parámetros mecánicos en función de la profundidad de la sección aplicada en la construcción de la presente sección, del análisis de la misma se obtienen los valores de los parámetros aplicados de galonaje, HSI y ROP. Los rangos representados entre las líneas rojas horizontales no representan datos significativos de los parámetros de hidráulica de perforación o de interés del presente estudio, puesto que representan lapsos de toma de muestras de cores de perforación que generalmente se realizan en los topes formacionales, razón por la cual no son considerados dentro de la sección estudiada.

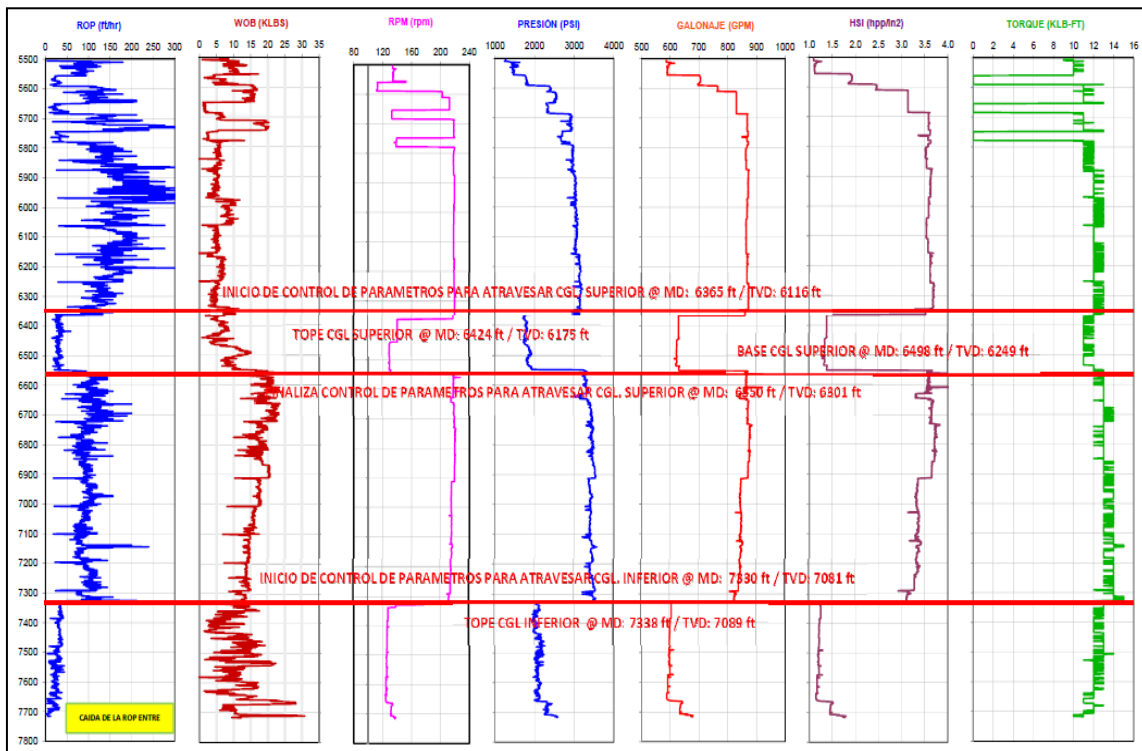


Figura 3.27. Parámetros hidráulicos SSFD 246D – Sección 12 ¼ (Parte I)

Fuente: (ARCH, 2014)

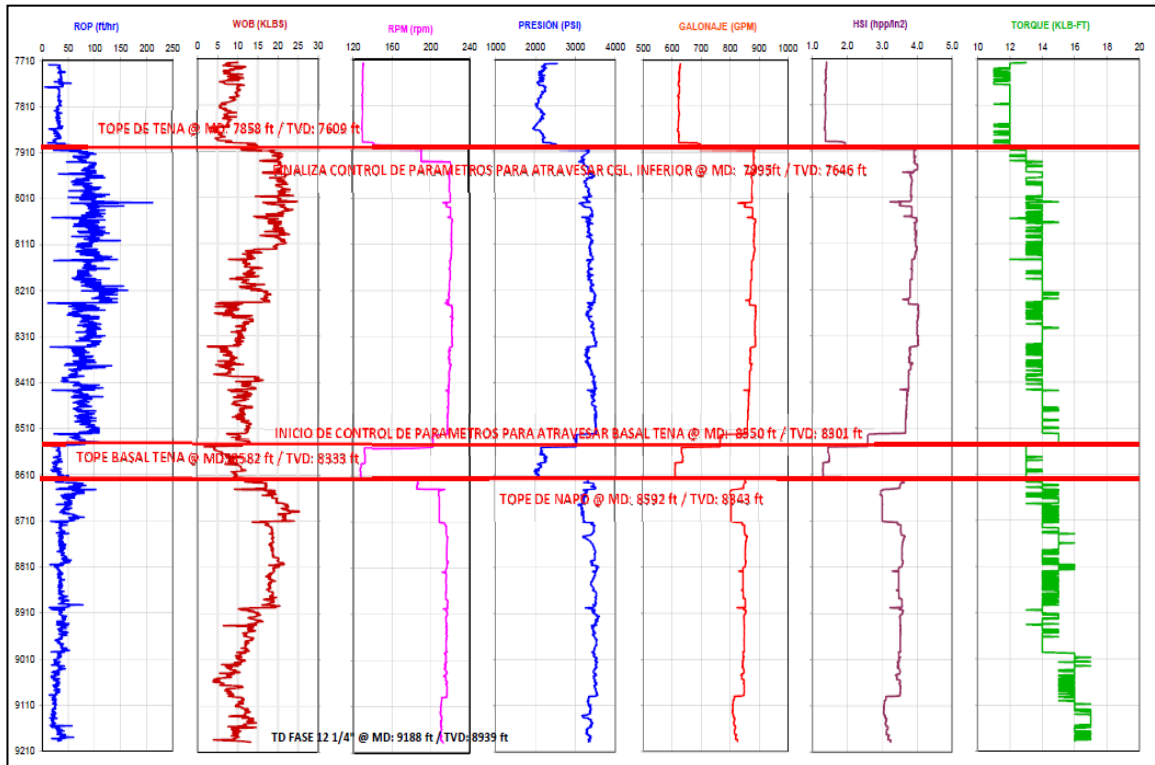


Figura 3.28. Parámetros hidráulicos SSFD 246D – Sección 2 (Parte II)

Fuente: (ARCH, 2014)

3.2.7.3. Sección de 8 ½ ”

Esta sección fue perforada desde los 8943 pies TVD hasta los 9683 pies TVD, utilizando un lodo de perforación que fluctúa entre 9,0 lpg. y 9,2 lpg., con viscosidades comprendidas en un rango de 16 a 18 cp.

Se manejó un galonaje de 325 a 410 gpm., obteniendo un HSI variable de 0,7 a 1,5 HP/pulg.², lo que representó una rata de penetración (ROP) entre 70 – 250 ft/h.

La Figura 3.29, es un extracto del reporte de los parámetros hidráulicos de interés de estudio y ciertos parámetros mecánicos en función de la profundidad de la sección aplicada en la construcción de la presente sección, del análisis de la misma se obtienen los valores de los parámetros aplicados de galonaje, HSI y ROP.

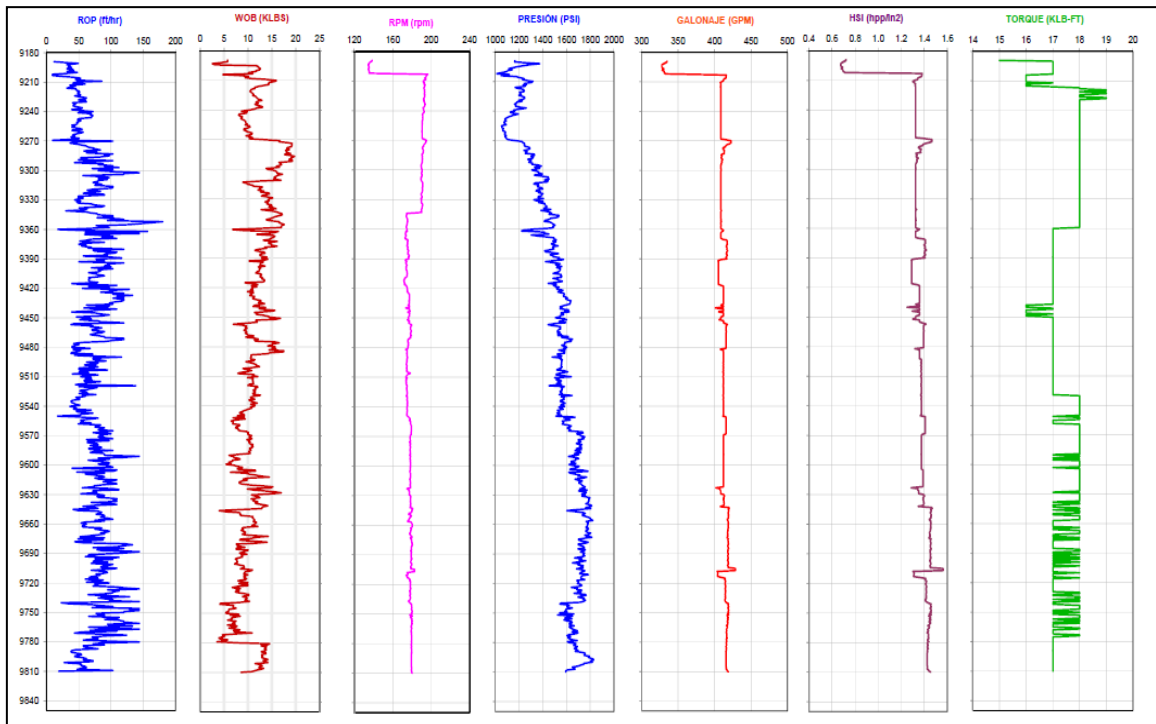


Figura 3.29. Parámetros hidráulicos SSFD 246D – Sección 8 ½

Fuente: (ARCH, 2014)

3.2.7.4. Resultados

La primera sección se completa en un tiempo de 6,67 días, con 0,125 días de NPT, con valores estables de galonaje y HSI presentando resultados de ROP muy buenos para esta sección.

La sección intermedia se completó en 9,6 días con 0,041 días de NPT, tiempo perdido casi nulo, se mantuvieron galonajes y valores de HSI casi estables durante toda la construcción de la sección representado en valores moderados de ROP.

La sección de producción se perforó en 2,58 días con 0,08 días de NPT, con una rata de penetración muy buena alcanzando el objetivo en un tiempo de perforación muy corto, lo que significa un buen resultado para la operadora.

El análisis presenta los valores interpretados de los parámetros de hidráulica de perforación aplicados en la perforación del pozo resumidos en la Tabla 3.7.

Tabla 3.7. Parámetros hidráulicos aplicados pozo SSFD 246D

SSFD 246D	Sección 16 "		Sección 12,25"		Sección 8,5"	
	Min.	Máx.	Min.	Máx.	Min.	Máx.
Caudal secciones (gpm)	300	950	600	890	325	410
Caudal promedio secciones (gpm)	625		745		367,5	
Caudal óptimo acumulado (gpm)	579,16					
HSI sección (HP/pulg ²)	0,25	2,9	1,1	4	0,7	1,5
HSI promedio sección (HP/pulg ²)	1,575		2,55		1,1	
HSI óptimo acumulado (HP/pulg²)	1,74					
MW (lpg)	8,7	10,6	9,7	10,8	9	9,2
MW promedio secciones (lpg)	9,65		10,25		9,1	
MW promedio (lpg)	9,66					
ROP (pie/seg)	50	300	70	250	30	150
ROP secciones (pie/seg)	175		160		90	
ROP promedio (pie/seg)	141,66					

3.2.8. Análisis del pozo AGUARICO 19D (AGR 19D)

El pozo "AGR 19D", inició su perforación en el Campo Shushufindi el día 20 de Febrero del 2013, fue operado por la empresa contratista Consorcio Shushufindi S.A, utilizando el Rig 117 de Tuscany. Fue planeado como un pozo productor construido como un pozo direccional tipo "S", alcanzando una inclinación máxima de 28,99°.

Fue construido en cuatro secciones: agujero de 26" con casing conductor de 20"; agujero de 16" con casing de superficie de 13 $\frac{3}{8}$ "; agujero de 12 $\frac{1}{4}$ " con casing de producción de 9 $\frac{5}{8}$ ", y la sección más profunda con agujero de 8 $\frac{1}{2}$ " y liner de producción de 7".

Su objetivo primario fue la arenisca "T" inferior, y sus objetivos secundarios fueron las arenas Basal Tena, "U" superior, "U" inferior y "T" superior, alcanzando una profundidad de 9691,8 pies TVD y 10110 pies MD en 31 días de operación.

3.2.8.1. Sección de 16"

Esta sección fue perforada desde los 304 pies TVD hasta los 5238 TVD pies, utilizando un lodo de perforación que fluctúa entre 9,0 lpg. y 10,8 lpg., con viscosidades comprendidas en un rango de 3 a 6 cp.

Se manejó un galonaje de 1030 – 1060 gpm., obteniendo un HSI en el rango de 2,8 a 3,0 HP/pulg.², lo que representó una rata de penetración (ROP) entre 50 – 150 ft/h.

La Figura 3.30, es un extracto del reporte de los parámetros hidráulicos de interés de estudio y ciertos parámetros mecánicos en función de la profundidad de la sección aplicada en la construcción de la presente sección, del análisis de la misma se obtienen los valores de los parámetros aplicados de galonaje, HSI y ROP.

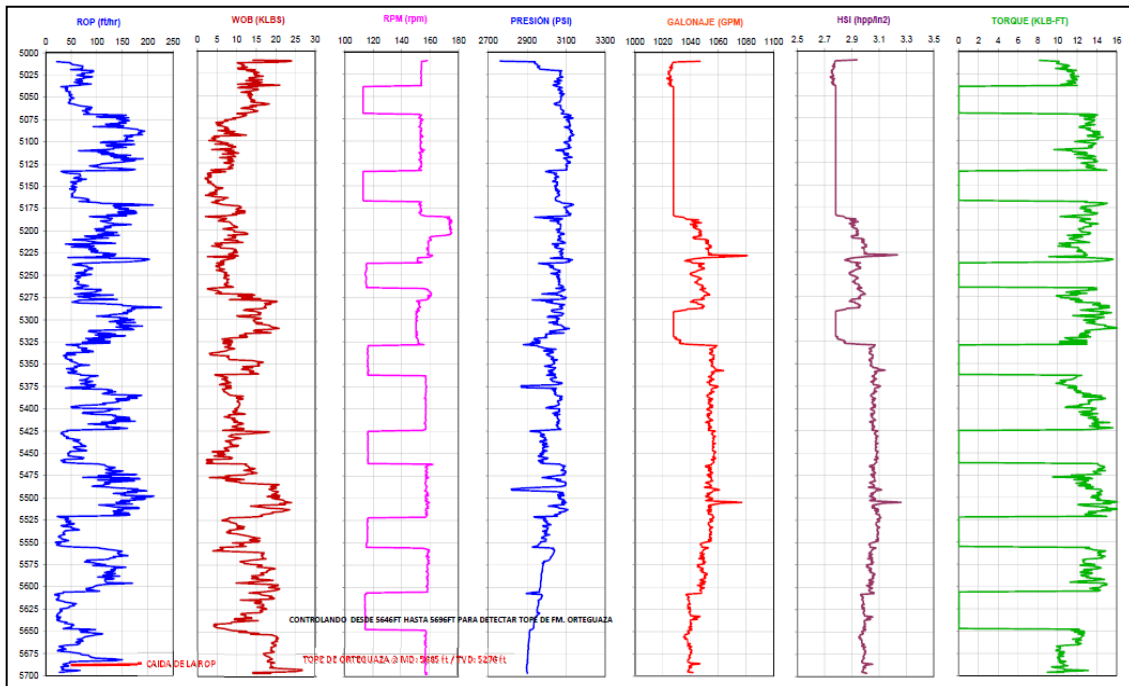


Figura 3.30. Parámetros hidráulicos AGR 19D – Sección 16”

Fuente: (ARCH, 2014)

3.2.8.2. Sección de 12 ¼ ”

Esta sección fue perforada desde los 5238 pies TVD hasta los 9061 pies TVD, utilizando un lodo de perforación que fluctúa entre 9,8 lpg. y 11,5 lpg., con viscosidades comprendidas en un rango de 7 a 36 cp.

Se manejó un galonaje de 600 – 900 gpm., obteniendo un HSI de 3,0 – 3,5 HP/pulg.², lo que representó una rata de penetración (ROP) entre 100 – 200 ft/h.

Las Figuras 3.31 y 3.32 son un extracto del reporte de los parámetros hidráulicos de interés de estudio y ciertos parámetros mecánicos en función de la profundidad de la sección aplicada en la construcción de la presente sección, del análisis de la misma se obtienen los valores de los parámetros aplicados de galonaje, HSI y ROP. Los rangos representados entre las líneas rojas horizontales no representan datos significativos de los parámetros de hidráulica de perforación o de interés del presente estudio, puesto que representan lapsos de toma de muestras de cores de perforación que generalmente se

realizan en los topes formacionales, razón por la cual no son considerados dentro de la sección estudiada.

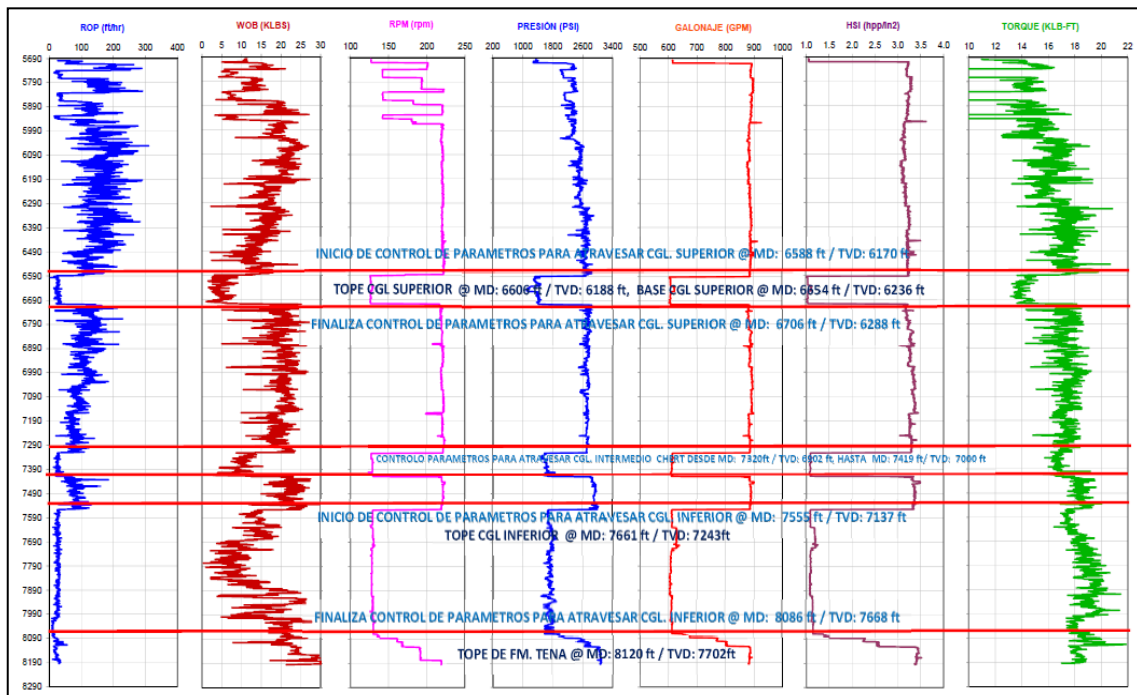


Figura 3.31. Parámetros hidráulicos AGR 19D – Sección 12 ¼ (Parte I)

Fuente: (ARCH, 2014)

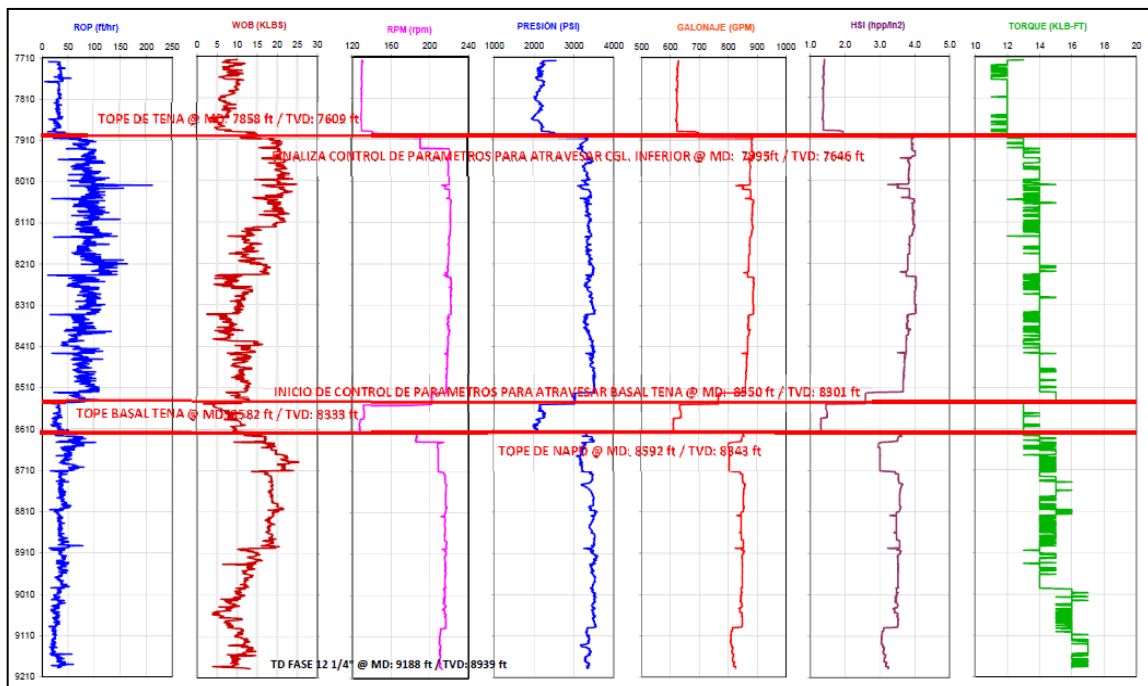


Figura 3.32. Parámetros hidráulicos AGR 19D – Sección 12 ¼ (Parte II)

Fuente: (ARCH, 2014)

3.2.8.3. Sección de 8 ½ ”

Esta sección fue perforada desde los 9061 pies TVD hasta los 9692 pies TVD, utilizando un lodo de perforación que fluctúa entre 9,0 lpg. y 9,7 lpg. con viscosidades comprendidas en un rango de 18 a 31 cp.

Se manejó un galonaje de 417 a 890 gpm., obteniendo un HSI de 1,5 a 3,5 HP/pulg², lo que representó una tasa de penetración (ROP) entre 50 – 100 ft/h.

La Figura 3.33, es un extracto del reporte de los parámetros hidráulicos de interés de estudio y ciertos parámetros mecánicos en función de la profundidad de la sección aplicada en la construcción de la presente sección, del análisis de la misma se obtienen los valores de los parámetros aplicados de galonaje, HSI y ROP.

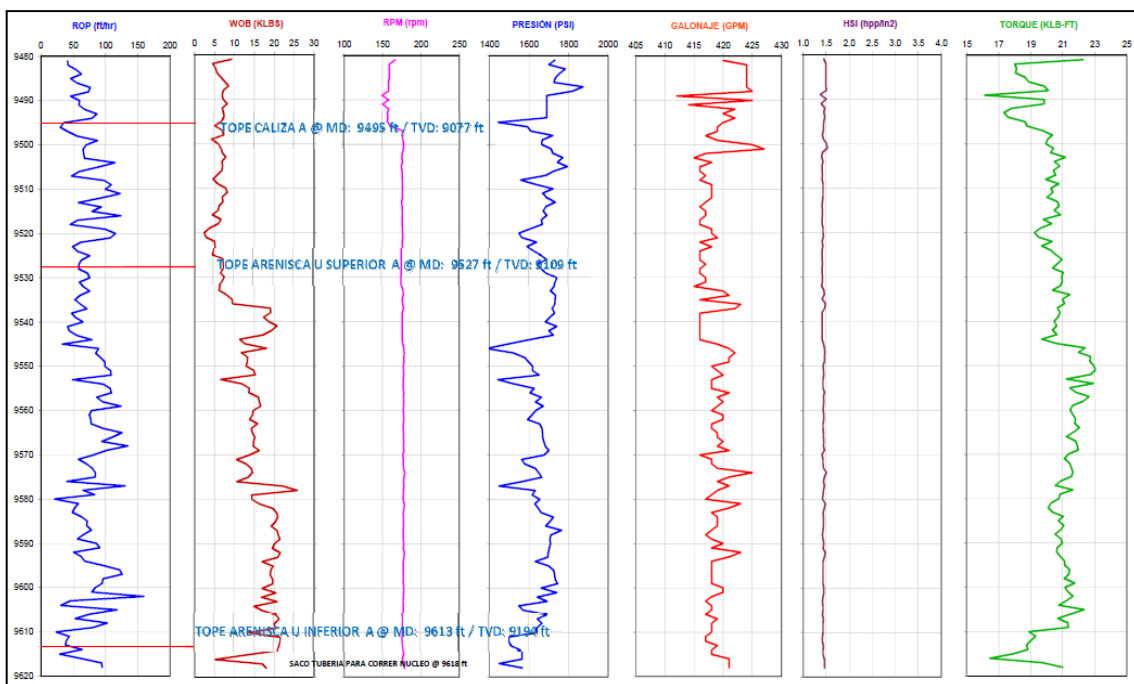


Figura 3.33. Parámetros hidráulicos AGR 19D – Sección 8 ½

Fuente: (ARCH, 2014)

3.2.8.4. Resultados

La primera sección se completa en un tiempo de 4,9 días, con 0,23 días de NPT, con valores relativamente altos de galonaje y HSI presentando resultados de ROP elevados.

La sección intermedia se completó en 10,92 días con 2,92 días de NPT, tiempo perdido a causa de problemas en la cementación, se mantuvieron galonajes y valores de HSI casi estables y elevados durante toda la construcción de la sección representado en valores altos de ROP.

La sección de producción se perforó en 10,66 días con 1,08 días de NPT, con una rata de penetración moderada alcanzando el objetivo planteado.

El análisis presenta los valores interpretados de los parámetros de hidráulica de perforación aplicados en la perforación del pozo resumidos en la Tabla 3.8.

Tabla 3.8. Parámetros hidráulicos aplicados pozo AGR 19D (Parte I)

AGR 19D	Sección 16 "		Sección 12,25"		Sección 8,5"	
	Min.	Máx.	Min.	Máx.	Min.	Máx.
Caudal secciones (gpm)	1030	1060	600	900	417	890
Caudal promedio secciones (gpm)	1045		750		653,5	
Caudal óptimo acumulado (gpm)	816,16					
HSI sección (HP/pulg ²)	2,8	3	3	3,5	1,5	3,5
HSI promedio sección (HP/pulg ²)	2,9		3,25		2,5	
HSI óptimo acumulado (HP/pulg²)	2,88					

Tabla 3.8. Parámetros hidráulicos aplicados pozo AGR 19D (Parte II)

MW (lpg)	9	10,8	9,8	11,5	9	9,7
MW promedio secciones (lpg)	9,9		10,65		9,35	
MW promedio (lpg)	9,96					
ROP (pie/seg)	50	150	100	200	50	100
ROP secciones (pie/seg)	100		150		75	
ROP promedio (pie/seg)	108,33					

3.2.9. Análisis del pozo SHUSHUFINDI 225D (SSFD 225D)

El pozo “SSFD 225D”, inició su perforación en el Campo Shushufindi el día 26 de Mayo del 2013, fue operado por la empresa contratista Consorcio Shushufindi S.A, utilizando el Rig 176 de H&P. Fue planeado como un pozo productor construido como un pozo direccional tipo “S”, alcanzando una inclinación máxima de 22,72°.

Fue construido en cuatro secciones: agujero de 26” con casing conductor de 20”; agujero de 16” con casing de superficie de 13 3/8”; agujero de 12 1/4” con casing de producción de 9 5/8”, y la sección más profunda con agujero de 8 1/2” y liner de producción de 7”.

Su objetivo primario fue la arenisca “T” inferior y “U” inferior, sus objetivos secundarios fueron las arenas “U” superior, y “T” superior, alcanzando una profundidad de 9652 pies TVD y 9980 pies MD en 19 días de operación.

3.2.9.1. Sección de 16”

Esta sección fue perforada desde los 220 pies TVD hasta los 5192 TVD pies, utilizando un lodo de perforación que fluctúa entre 9,1 lpg. y 10,6 lpg. con viscosidades comprendidas en un rango de 2 a 6 cp. Se manejó un galonaje de 1030 – 1060 gpm., obteniendo un HSI en el rango de 1,0 a 3,0 HP/pulg², lo que representó una rata de penetración (ROP) entre 50 – 350 ft/h.

El reporte de final de perforación, no cuenta con las curvas registradas de esta sección, sin embargo, los datos se obtuvieron del reporte detallado de operaciones de brocas de perforación.

3.2.9.2. Sección de 12 ¼ ”

Esta sección fue perforada desde los 5192 pies TVD hasta los 8973 pies TVD, utilizando un lodo de perforación que fluctúa entre 9,7 lpg. y 10,8 lpg., con viscosidades comprendidas en un rango de 9 a 24 cp.

Se manejó un galonaje de 480 – 1000 gpm., obteniendo un HSI de 0,8 – 2,0 HP/pulg², lo que representó una rata de penetración (ROP) entre 75 – 250 ft/h.

Las Figuras 3.34 y 3.35 son un extracto del reporte de los parámetros hidráulicos de interés de estudio y ciertos parámetros mecánicos en función de la profundidad de la sección aplicada en la construcción de la presente sección, del análisis de la misma se obtienen los valores de los parámetros aplicados de galonaje, HSI y ROP.

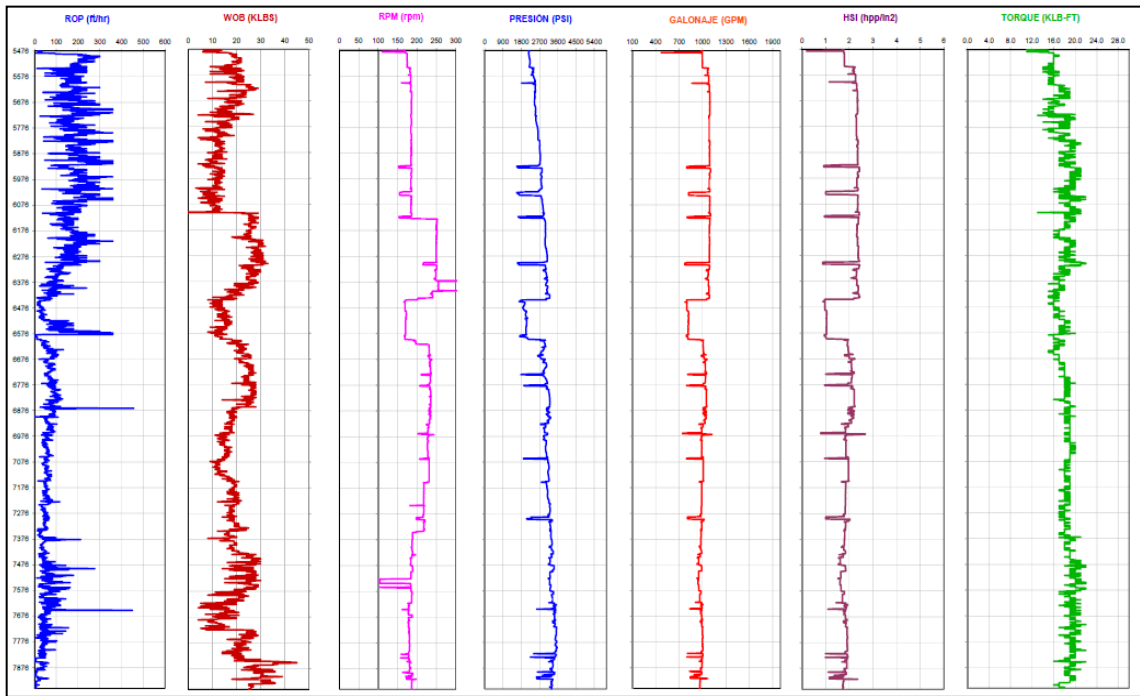


Figura 3.34. Parámetros hidráulicos SSFD 225D – Sección 12 ¼ (Parte I)

Fuente: (ARCH, 2014)

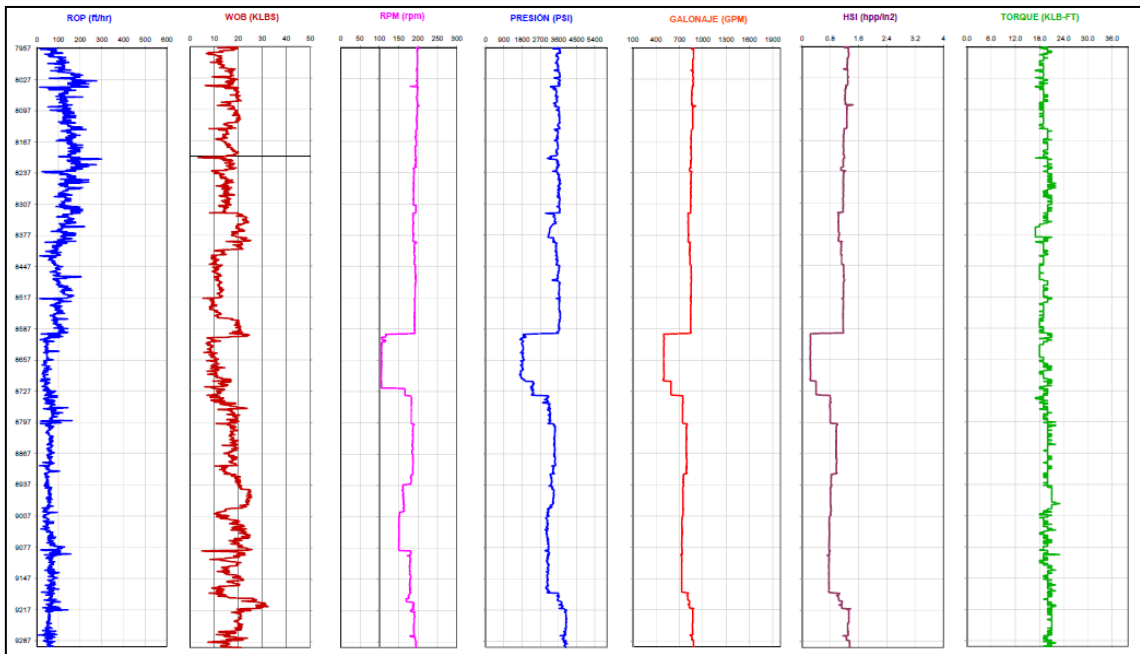


Figura 3.35. Parámetros hidráulicos SSFD 225D – Sección 12 ¼ (Partell)

Fuente: (ARCH, 2014)

3.2.9.3. Sección de 8 ½ ”

Esta sección fue perforada desde los 8973 pies TVD hasta los 9652 pies TVD, utilizando un lodo de perforación que fluctúa entre 8,9 lpg. y 9,2 lpg. con viscosidades comprendidas en un rango de 12 a 14 cp.

Se manejó un galonaje constante de 400 gpm., obteniendo un HSI de 1,2 a 1,4 HP/pulg², casi constante, lo que representó una tasa de penetración (ROP) entre 40 – 150 ft/h.

La Figura 3.36, es un extracto del reporte de los parámetros hidráulicos de interés de estudio y ciertos parámetros mecánicos en función de la profundidad de la sección aplicada en la construcción de la presente sección, del análisis de la misma se obtienen los valores de los parámetros aplicados de galonaje, HSI y ROP.

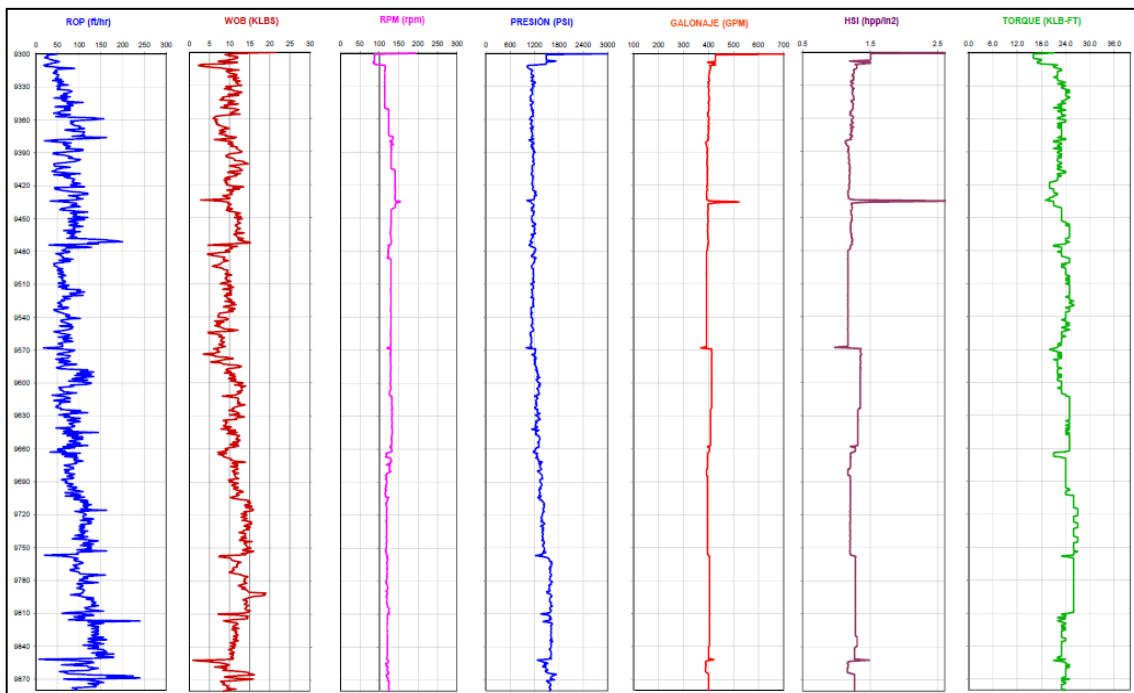


Figura 3.36. Parámetros hidráulicos SSFD 225D – Sección 8 ½

Fuente: (ARCH, 2014)

3.2.9.4. Resultados

La primera sección se completa en un tiempo de 5,9 días, con 1,0 días de NPT, con valores altos de galonaje y HSI presentando resultados de ROP moderados.

La sección intermedia se completó en 8,04 días sin ningún tiempo de NPT, se mantuvieron galonajes y valores de HSI elevados durante toda la construcción de la sección representado en valores moderados pero constante de ROP.

La sección de producción se perforó en 3,46 días sin horas de NPT, con una rata de penetración levemente baja pero acompañado de excelentes parámetros mecánicos debido a la condición del taladro, lo que significó que se alcance el objetivo en un tiempo excelente y sin tiempo no productivo.

El análisis presenta los valores interpretados de los parámetros de hidráulica de perforación aplicados en la perforación del pozo resumidos en la Tabla 3.9.

Tabla 3.9. Parámetros hidráulicos aplicados pozo SSFD 225D (Parte I)

SSFD 225D	Sección 16 "		Sección 12,25"		Sección 8,5"	
	Min.	Máx.	Min.	Máx.	Min.	Máx.
Caudal secciones (gpm)	400	900	480	1000	400	400
Caudal promedio secciones (gpm)	650		740		400	
Caudal óptimo acumulado (gpm)	596,66					
HSI sección (HP/pulg ²)	1	3	0,8	2	1,2	1,4
HSI promedio sección (HP/pulg ²)	2		1,4		1,3	
HSI óptimo acumulado (HP/pulg²)	1,56					

Tabla 3.9. Parámetros hidráulicos aplicados pozo SSFD 225D (Parte II)

MW (lpg)	9,1	10,8	9,7	10,8	8,9	9,2
MW promedio secciones (lpg)	9,95		10,25		9,05	
MW promedio (lpg)	9,75					
ROP (pie/seg)	50	350	75	250	40	150
ROP secciones (pie/seg)	200		162,5		95	
ROP promedio (pie/seg)	152,5					

3.2.10. Análisis del pozo AGUARICO 23D (AGR 23D)

El pozo “AGR 23D”, inició su perforación en el Campo Shushufindi el día 10 de Abril del 2013, fue operado por la empresa contratista Consorcio Shushufindi S.A, utilizando el Rig 117 de Tuscany. Fue planeado como un pozo productor construido como un pozo direccional tipo “J”, alcanzando una inclinación máxima de 28,17°.

Fue construido en cuatro secciones: agujero de 26” con casing conductor de 20”; agujero de 16” con casing de superficie de 13 ³/₈”; agujero de 12 ¹/₄” con casing de producción de 9 ⁵/₈”, y la sección más profunda con agujero de 8 ¹/₂” y liner de producción de 7”.

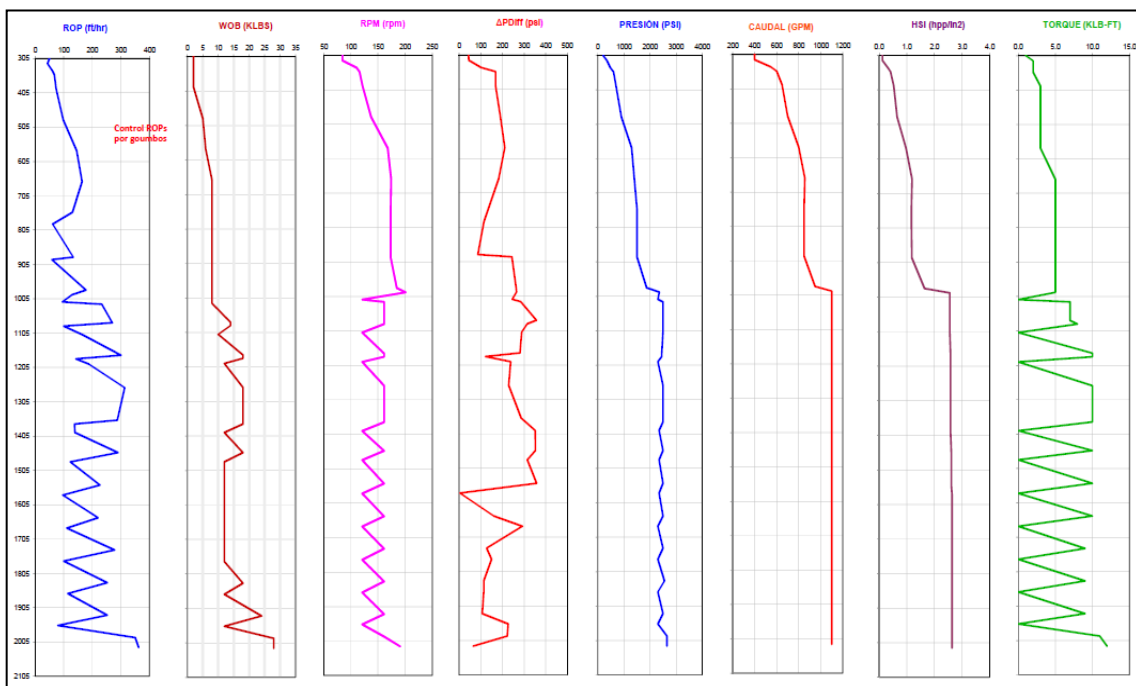
Su objetivo primario fue la arenisca “T” inferior y “U” inferior, sus objetivos secundarios fueron las arenas Basal Tena, “U” superior, y “T” superior, alcanzando una profundidad de 9703 pies TVD y 10420 pies MD en 27 días de operación.

3.2.10.1. Sección de 16"

Esta sección fue perforada desde los 305 pies TVD hasta los 5291 pies TVD, utilizando un lodo de perforación que fluctúa entre 8,9 lpg. y 10,9 lpg., con viscosidades comprendidas en un rango de 4 a 8 cp.

Se manejó un galonaje de 400 – 1100 gpm., obteniendo un HSI en el rango de 1,0 a 3,0 HP/pulg², lo que representó una tasa de penetración (ROP) entre 50 – 400 ft/h.

La Figura 3.37, es un extracto del reporte de los parámetros hidráulicos de interés de estudio y ciertos parámetros mecánicos en función de la profundidad de la sección aplicada en la construcción de la presente sección, del análisis de la misma se obtienen los valores de los parámetros aplicados de galonaje, HSI y ROP.



3.2.10.2. Sección de 12 ¼ ”

Esta sección fue perforada desde los 5291 pies TVD hasta los 9043 pies TVD, utilizando un lodo de perforación que fluctúa entre 9,8 lpg. y 11,0 lpg., con viscosidades comprendidas en un rango de 16 a 22 cp.

Se manejó un galonaje de 730 – 910 gpm., obteniendo un HSI de 1,8 – 3,1 HP/pulg.², lo que representó una rata de penetración (ROP) entre 100 – 300 ft/h.

Las Figuras 3.38 y 3.39 son un extracto del reporte de los parámetros hidráulicos de interés de estudio y ciertos parámetros mecánicos en función de la profundidad de la sección aplicada en la construcción de la presente sección, del análisis de la misma se obtienen los valores de los parámetros aplicados de galonaje, HSI y ROP.

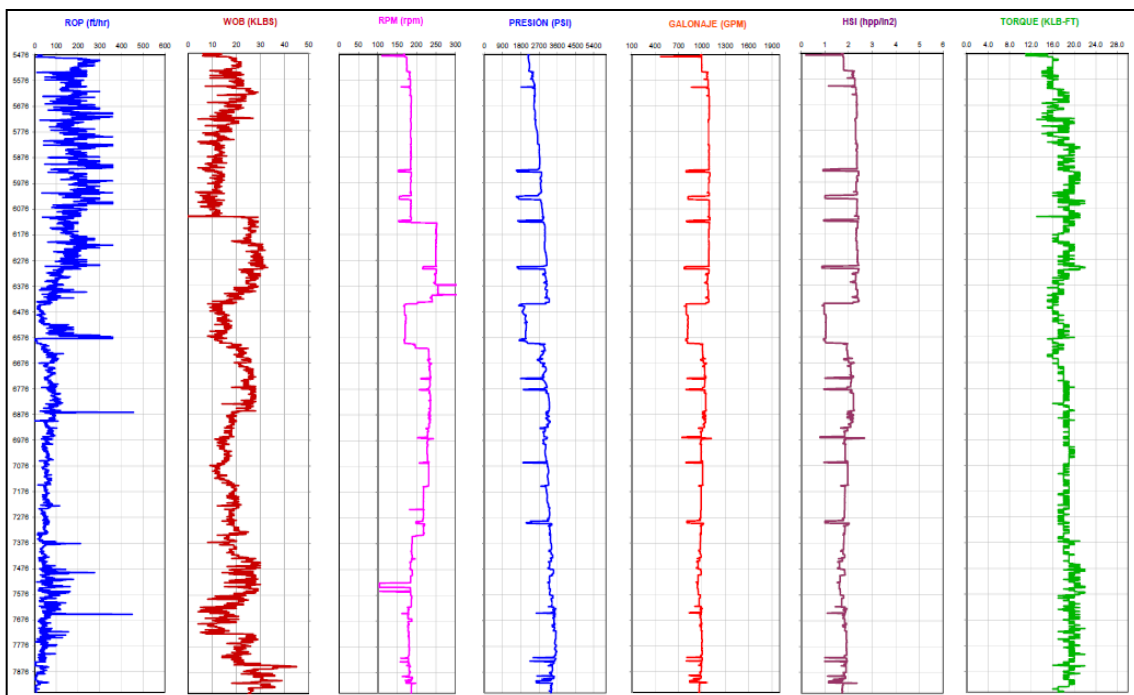


Figura 3.38. Parámetros hidráulicos AGR 23D – Sección 12 ¼ (Parte I)

Fuente: (ARCH, 2014)

Los rangos representados entre las líneas celestes horizontales no representan datos significativos de los parámetros de hidráulica de perforación o de interés del presente estudio, puesto que representan lapsos de toma de control de parámetros mecánicos en la operación.

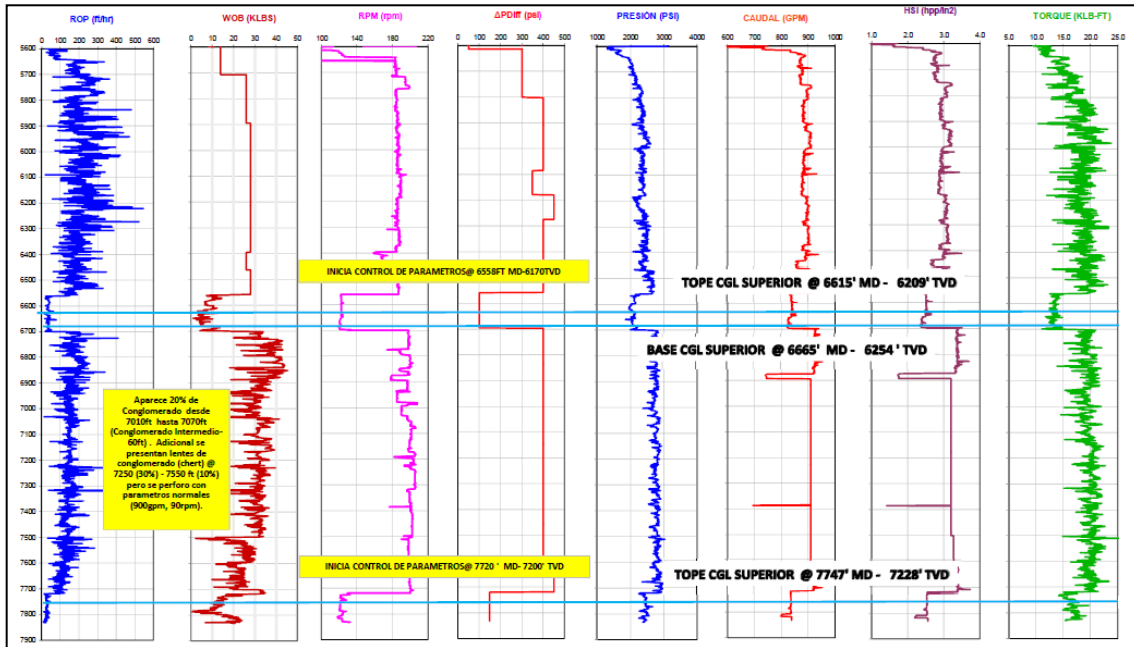


Figura 3.39. Parámetros hidráulicos AGR 23D – Sección 12 ¼ (Partell)

Fuente: (ARCH, 2014)

3.2.10.3. Sección de 8 ½ ”

Esta sección fue perforada desde los 9043 pies TVD hasta los 9703 pies TVD, utilizando un lodo de perforación que fluctúa entre 8,9 lpg. y 9,5 lpg., con viscosidades comprendidas en un rango de 14 a 26 cp.

Se manejó un galonaje casi constante de 390 - 400 gpm., obteniendo un HSI de 1,1 a 1,3 HP/pulg.², casi constante, lo que representó una rata de penetración (ROP) entre 50 – 150 ft/h.

La Figura 3.40, es un extracto del reporte de los parámetros hidráulicos de interés de estudio y ciertos parámetros mecánicos en función de la profundidad de la sección aplicada en la construcción de la presente sección, del análisis de la misma se obtienen los valores de los parámetros aplicados de galonaje, HSI y ROP.

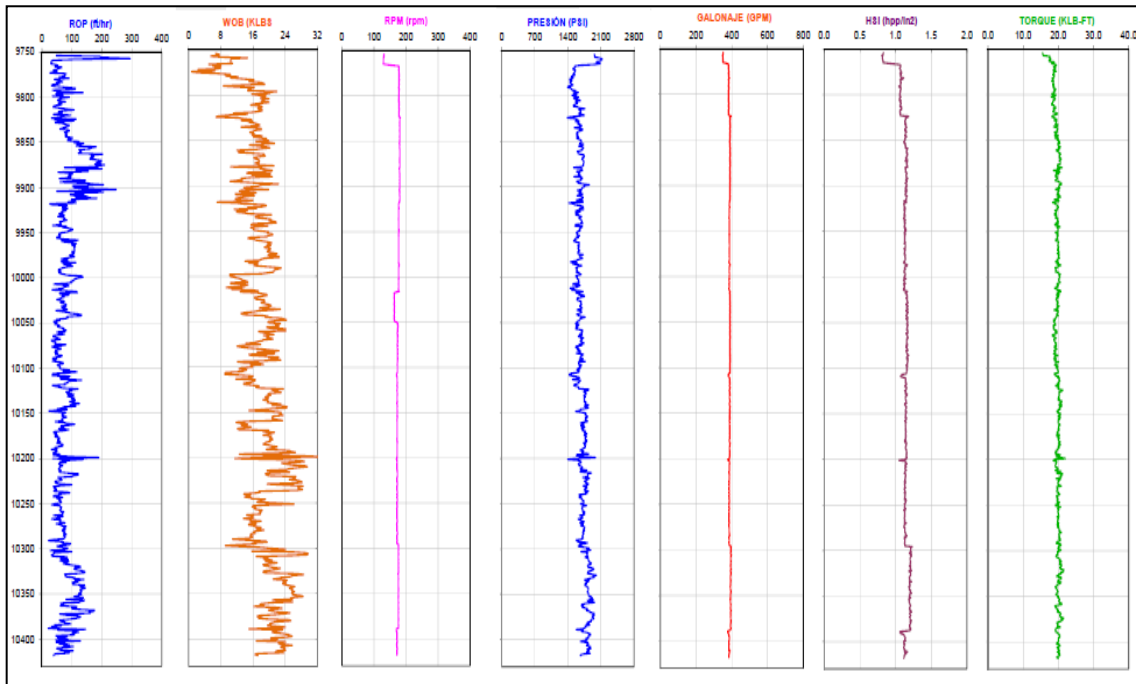


Figura 3.40. Parámetros hidráulicos AGR 23D – Sección 8 ½

Fuente: (ARCH, 2014)

3.2.10.4. Resultados

La primera sección se completa en un tiempo de 15,5 días con 0 días de NPT se mantuvieron valores altos de galonaje y HSI presentando resultados de ROP moderadamente altos.

La sección intermedia se completó en 12,35 días, con 2,0 días de NPT, causados por la necesidad de una operación de pesca, se mantuvieron galonajes y valores de HSI moderadamente elevados durante toda la construcción de la sección representado en valores altos de ROP.

La sección de producción se perforó en 3,46 días sin horas de NPT, con una buena rata de penetración, con galonajes y valores de HSI casi estables para asegurar el alcance del objetivo.

El análisis presenta los valores interpretados de los parámetros de hidráulica de perforación aplicados en la perforación del pozo resumidos en la Tabla 3.10.

Tabla 3.10. Parámetros hidráulicos aplicados pozo AGR 23D

AGR 23D	Sección 16 "		Sección 12,25"		Sección 8,5"	
	Min.	Máy.	Min.	Máy.	Min.	Máy.
Caudal secciones (gpm)	400	1100	730	910	390	400
Caudal promedio secciones (gpm)	750		820		395	
Caudal óptimo acumulado (gpm)	655					
HSI sección (HP/pulg ²)	1	3	1,8	3,1	1,1	1,3
HSI promedio sección (HP/pulg ²)	2		2,45		1,2	
HSI óptimo acumulado (HP/pulg²)	1,88					
MW (lpq)	8,9	10,9	9,8	11	8,9	9,5
MW promedio secciones (lpq)	9,9		10,4		9,2	
MW promedio (lpq)	9,83					
ROP (pie/seg)	50	400	100	300	50	150
ROP secciones (pie/seg)	225		200		100	
ROP promedio (pie/seg)	175					

3.2.11. Análisis del pozo AGUARICO 46D (AGR 46D)

El pozo “AGR 46D”, inició su perforación en el Campo Shushufindi el día 21 de Abril del 2013, fue operado por la empresa contratista Consorcio Shushufindi S.A, utilizando el Rig 15 de Hilong. Fue planeado como un pozo productor construido como un pozo direccional tipo “J” modificado, alcanzando una inclinación máxima de 30,1°.

Fue construido en cuatro secciones: agujero de 26” con casing conductor de 20”; agujero de 16” con casing de superficie de 13 3/8”; agujero de 12 1/4” con casing de producción de 9 5/8”, y la sección más profunda con agujero de 8 1/2” y liner de producción de 7”.

Su objetivo primario fue la arenisca “T” inferior y “U” inferior, sus objetivos secundarios fueron las arenas “U” superior, y “T” superior, alcanzando una profundidad de 9651 pies TVD y 10540 pies MD en 27 días de operación.

3.2.11.1. Sección de 16”

Esta sección fue perforada desde los 190 pies TVD hasta los 5334 pies TVD, utilizando un lodo de perforación que fluctúa entre 8,9 lpg. y 10,8 lpg., con viscosidades comprendidas en un rango de 5 a 11 cp.

Se manejó un galonaje de 350 – 1100 gpm., obteniendo un HSI en el rango de 0,1 a 3,9 HP/pulg.², lo que representó una rata de penetración (ROP) entre 100 – 300 ft/h.

La Figura 3.41, es un extracto del reporte de los parámetros hidráulicos de interés de estudio y ciertos parámetros mecánicos en función de la profundidad de la sección aplicada en la construcción de la presente sección, del análisis de la misma se obtienen los valores de los parámetros aplicados de galonaje, HSI y ROP.

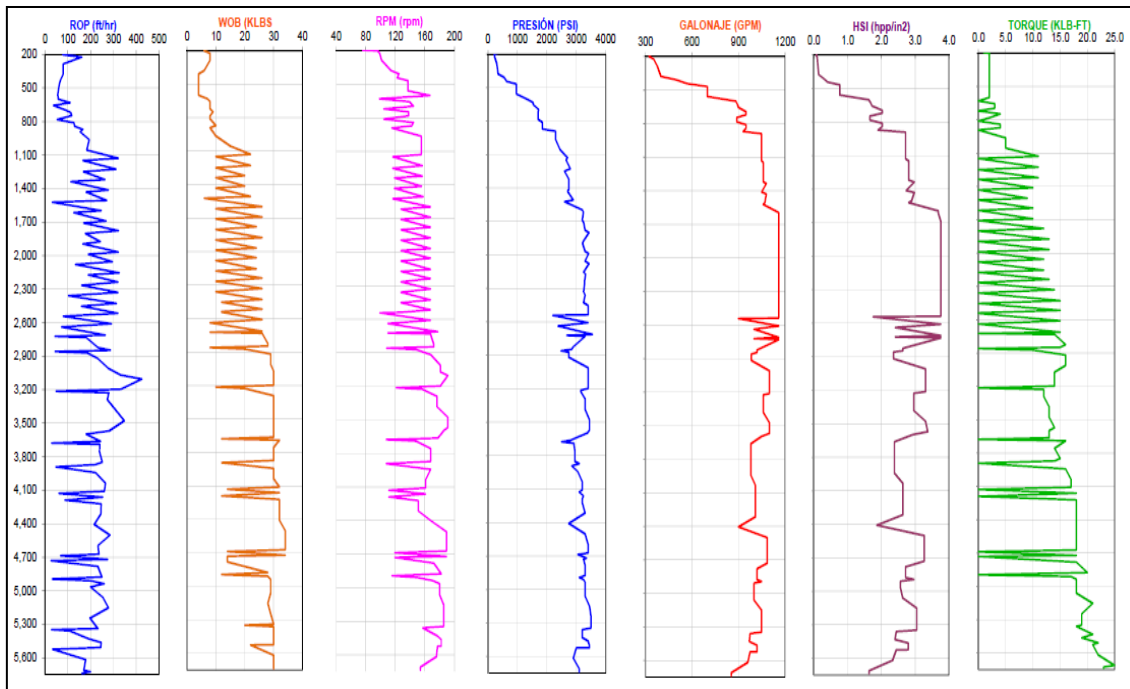


Figura 3.41. Parámetros hidráulicos AGR 46D – Sección 16”

Fuente: (ARCH, 2014)

3.2.11.2. Sección de 12 ¼ ”

Esta sección fue perforada desde los 5334 pies TVD hasta los 9034 pies TVD, utilizando un lodo de perforación que fluctúa entre 9,8 lpg. y 10,6 lpg. con viscosidades comprendidas en un rango de 11 a 22 cp. Se manejó un galonaje de 750 – 850 gpm., obteniendo un HSI de 2,7 – 3,6 HP/pulg. ², lo que representó una tasa de penetración (ROP) entre 40 – 295 ft/h.

Las Figuras 3.42 y 3.43 son un extracto del reporte de los parámetros hidráulicos de interés de estudio y ciertos parámetros mecánicos en función de la profundidad de la sección aplicada en la construcción de la presente sección, del análisis de la misma se obtienen los valores de los parámetros aplicados de galonaje, HSI y ROP. Los rangos representados entre las líneas rojas horizontales no representan datos significativos de los parámetros de hidráulica de perforación o de interés del presente estudio, puesto que representan lapsos de toma de control de parámetros y de muestras en los topes formacionales.

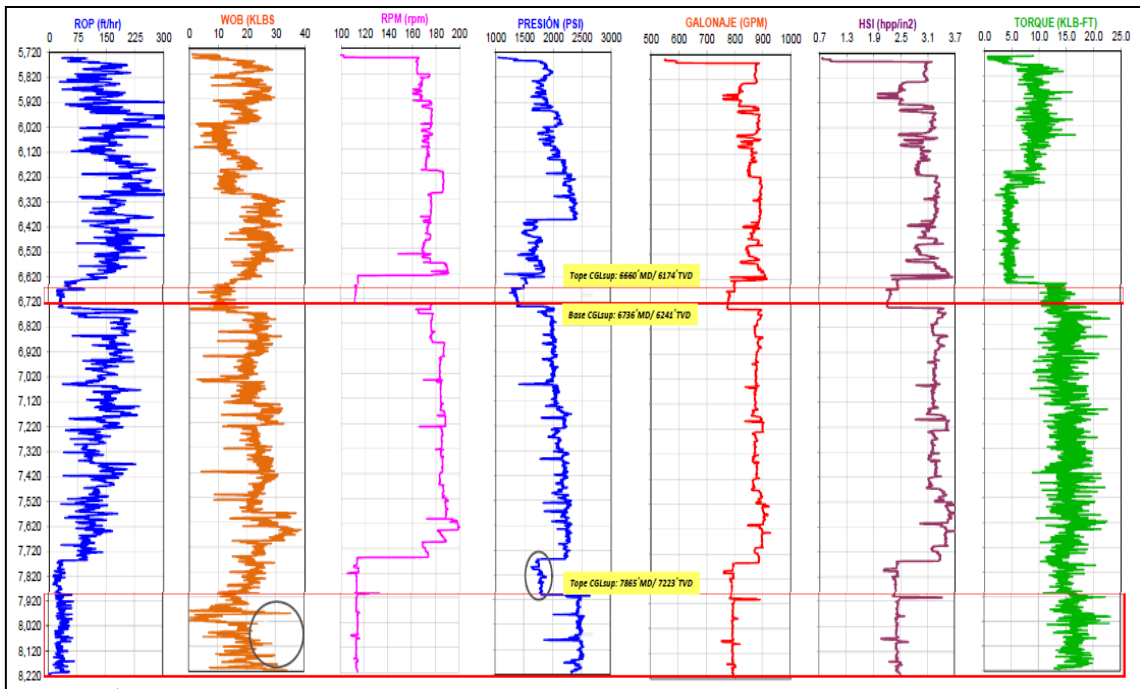


Figura 3.42. Parámetros hidráulicos AGR 46D – Sección 12 ¼ (Parte I)

Fuente: (ARCH, 2014)

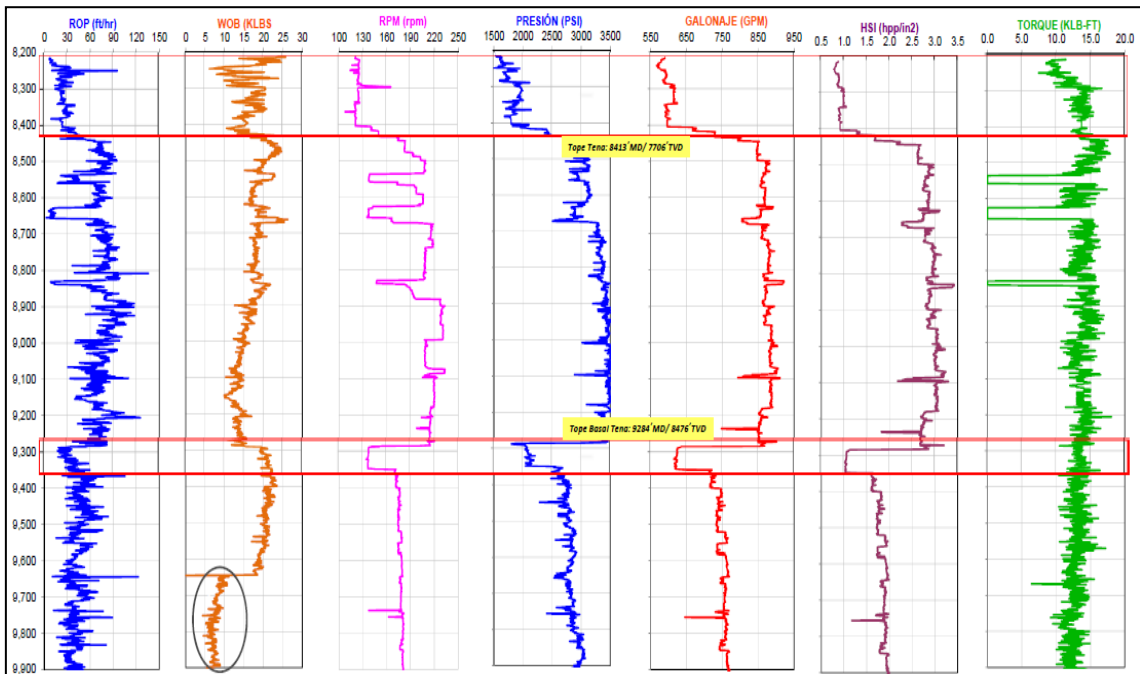


Figura 3.43. Parámetros hidráulicos AGR 46D – Sección 12 ¼ (Partell)

Fuente: (ARCH, 2014)

3.2.11.3. Sección de 8 ½ ”

Esta sección fue perforada desde los 9034 pies TVD hasta los 9651 pies TVD, utilizando un lodo de perforación que fluctúa entre 9,5 lpg. y 10 lpg., con viscosidades comprendidas en un rango de 22 a 27 cp.

Se manejó un galonaje casi constante de 400 - 410 gpm., obteniendo un HSI de 1,1 a 1,4 HP/pulg.², casi constante, lo que representó una rata de penetración (ROP) entre 50 – 75 ft/h.

La Figura 3.44 es un extracto del reporte de los parámetros hidráulicos de interés de estudio y ciertos parámetros mecánicos en función de la profundidad de la sección aplicada en la construcción de la presente sección, del análisis de la misma se obtienen los valores de los parámetros aplicados de galonaje, HSI y ROP.

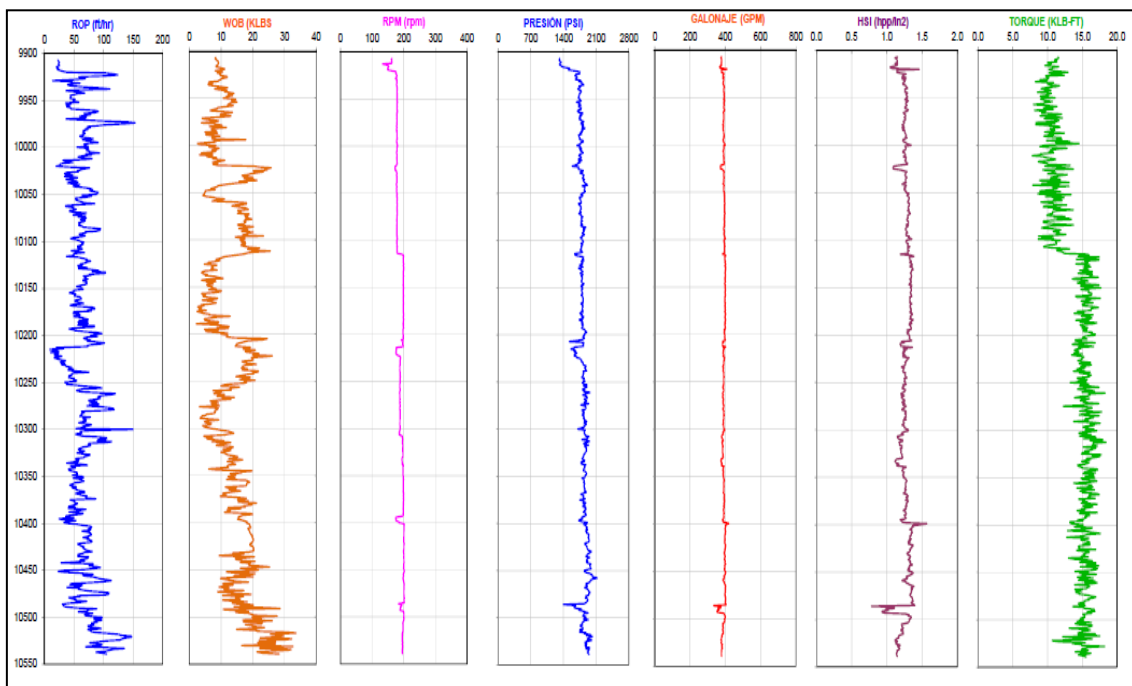


Figura 3.44. Parámetros hidráulicos AGR 46D – Sección 8 ½

Fuente: (ARCH, 2014)

3.2.11.4. Resultados

La primera sección se completa en un tiempo de 7,38 días con 0,35 días de NPT se mantuvieron valores de galonaje y HSI muy variables en amplios rango presentando resultados de ROP moderados.

La sección intermedia se completó en 12,54 días, con 0,43 días de NPT, se mantuvieron galonajes y valores de HSI elevados con poco rango de variación durante toda la construcción de la sección representado en valores medios de ROP.

La sección de producción se perforó 4,58 días con 0,21 horas de NPT, con galonajes relativamente altos para esta sección y valores de HSI casi estables, dando como resultado ratas de ROP adecuadas para alcanzar el objetivo planificado.

El análisis presenta los valores interpretados de los parámetros de hidráulica de perforación aplicados en la perforación del pozo resumidos en la Tabla 3.11.

Tabla 3.11. Parámetros hidráulicos aplicados pozo AGR 46D (Parte I)

AGR 46D	Sección 16 "		Sección 12,25"		Sección 8,5"	
	Min.	Máx.	Min.	Máx.	Min.	Máx.
Caudal secciones (gpm)	350	1100	750	1100	350	400
Caudal promedio secciones (gpm)	725		925		375	
Caudal óptimo acumulado (gpm)	675					
HSI sección (HP/pulg ²)	0,5	3,5	1,4	4	0,8	1,2
HSI promedio sección (HP/pulg ²)	2		2,7		1	
HSI óptimo acumulado (HP/pulg²)	1,9					

Tabla 3.11. Parámetros hidráulicos aplicados pozo AGR 46D (Parte II)

MW (lpg)	8,9	10,8	9,8	10,5	9,5	10
MW promedio secciones (lpg)	9,85		10,15		9,75	
MW promedio (lpg)	9,91					
ROP (pie/seg)	100	300	40	225	50	75
ROP secciones (pie/seg)	200		132,5		62,5	
ROP promedio (pie/seg)	131,66					

3.2.12. Análisis del pozo AGUARICO 20D (AGR 20D)

El pozo “AGR 20D”, inició su perforación en el Campo Shushufindi el día 15 de Mayo del 2013, fue operado por la empresa contratista Consorcio Shushufindi S.A, utilizando el Rig 17 de Hilong. Fue planeado como un pozo productor construido como un pozo direccional tipo “J”, alcanzando una inclinación máxima de 36,9°.

Fue construido en cuatro secciones: agujero de 26” con casing conductor de 20”; agujero de 16” con casing de superficie de 13 ³/₈”; agujero de 12 ¹/₄” con casing de producción de 9 ⁵/₈”, y la sección más profunda con agujero de 8 ¹/₂” y liner de producción de 7”.

Su objetivo primario fue la arenisca “U” inferior, sus objetivos secundarios fueron las arenas “T” inferior, “U” superior y “T” superior, alcanzando una profundidad de 9667 pies TVD y 11240 pies MD en 32 días de operación.

3.2.12.1. Sección de 16"

Esta sección fue perforada desde los 229 pies TVD hasta los 5237 pies TVD, utilizando un lodo de perforación que fluctúa entre 9,2 lpg. y 11,0 lpg., con viscosidades comprendidas en un rango de 5 a 13 cp.

Se manejó un galonaje de 400 – 1200 gpm., obteniendo un HSI en el rango de 0,04 a 4 HP/pulg.², lo que representó una rata de penetración (ROP) entre 100 – 300 ft/h.

La Figura 3.45, es un extracto del reporte de los parámetros hidráulicos de interés de estudio y ciertos parámetros mecánicos en función de la profundidad de la sección aplicada en la construcción de la presente sección, del análisis de la misma se obtienen los valores de los parámetros aplicados de galonaje, HSI y ROP.

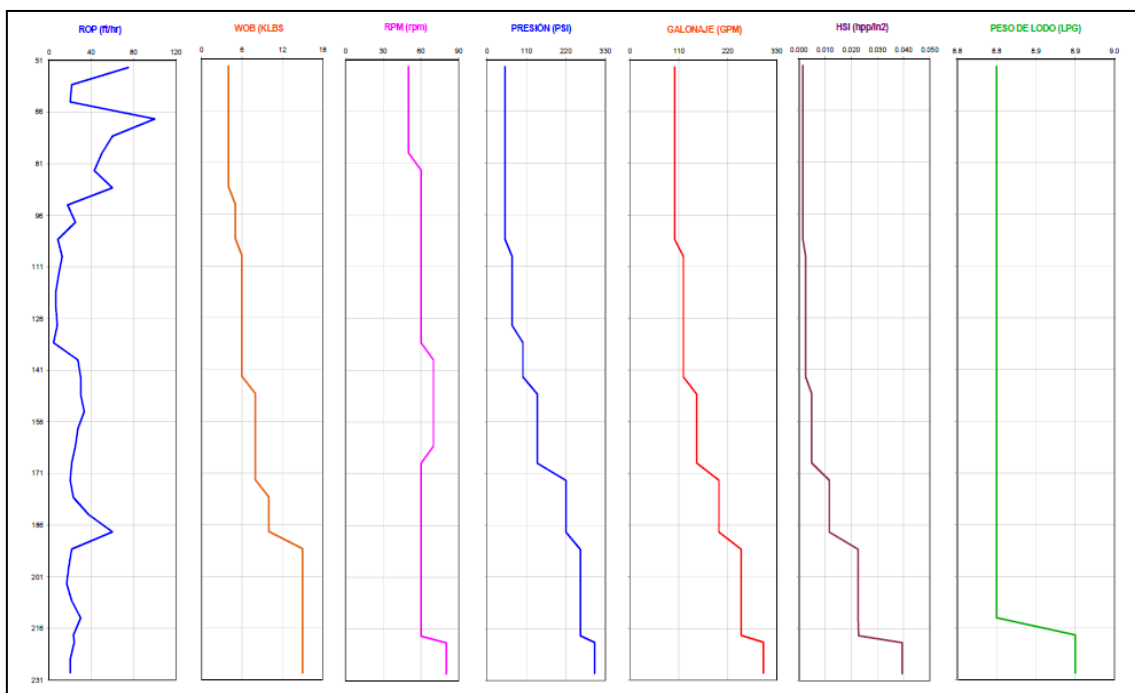


Figura 3.45. Parámetros hidráulicos AGR 20D – Sección 16"

Fuente: (ARCH, 2014)

3.2.12.2. Sección de 12 ¼ ”

Esta sección fue perforada desde los 5237 pies TVD hasta los 9006 pies TVD, utilizando un lodo de perforación que fluctúa entre 9,8 lpg. y 11,8 lpg., con viscosidades comprendidas en un rango de 21 a 25 cp. Se manejó un galonaje de 850 – 950 gpm., obteniendo un HSI de 0,05 – 3,5 HP/pulg.², lo que representó una tasa de penetración (ROP) entre 75 – 250 ft/h.

Las Figuras 3.46 y 3.47 son un extracto del reporte de los parámetros hidráulicos de interés de estudio y ciertos parámetros mecánicos en función de la profundidad de la sección aplicada en la construcción de la presente sección, del análisis de la misma se obtienen los valores de los parámetros aplicados de galonaje, HSI y ROP.

Los rangos representados entre las líneas celestes horizontales no representan datos significativos de los parámetros de hidráulica de perforación o de interés del presente estudio, puesto que representan lapsos de toma de control de parámetros y de muestras en los conglomerados.

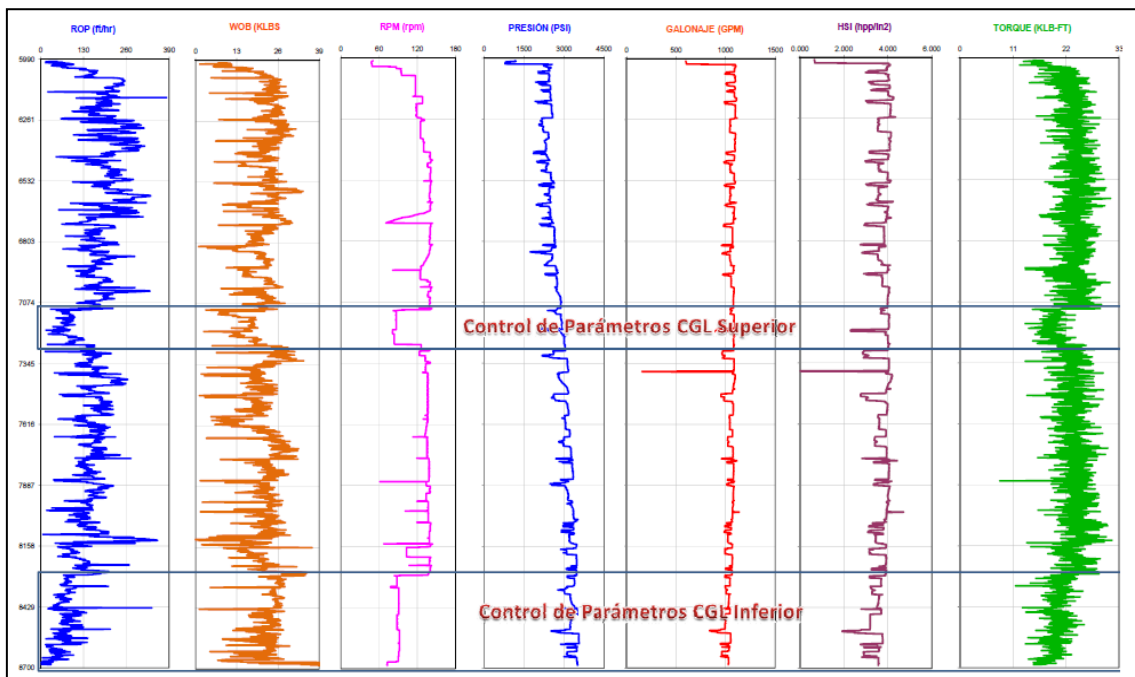


Figura 3.46. Parámetros hidráulicos AGR 20D – Sección 12 ¼ (Parte I)

Fuente: (ARCH, 2014)

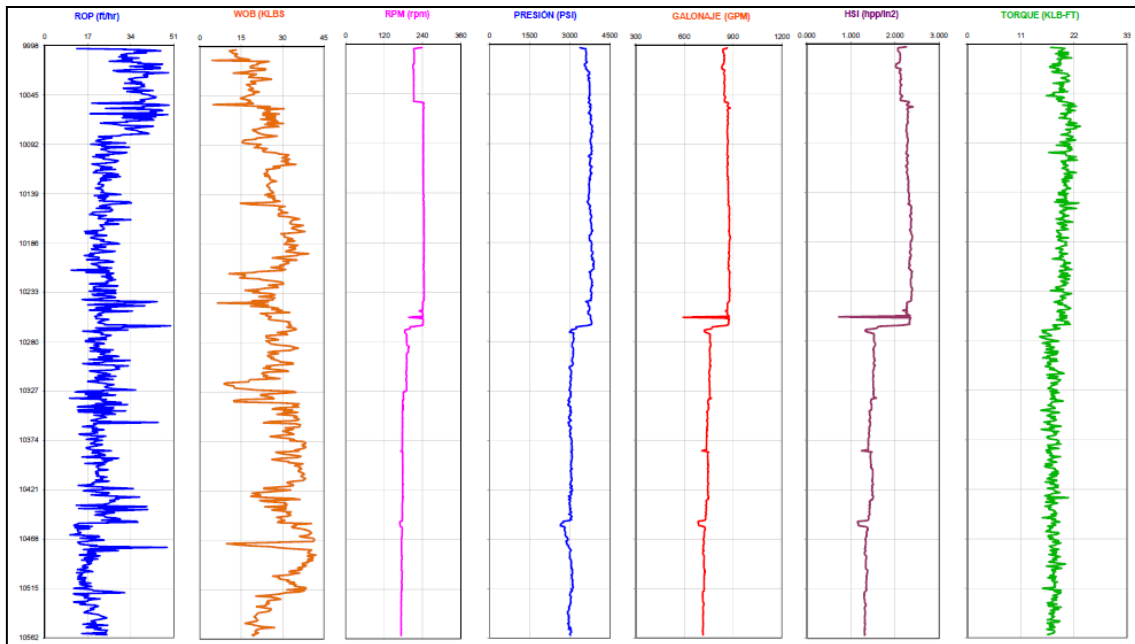


Figura 3.47. Parámetros hidráulicos AGR 20D – Sección 12 ¼ (Partell)

Fuente: (ARCH, 2014)

3.2.12.3. Sección de 8 ½ ”

Esta sección fue perforada desde los 9006 pies TVD hasta los 9667 pies TVD, utilizando un lodo de perforación que fluctúa entre 8,3 lpg. y 11,8 lpg., con viscosidades comprendidas en un rango de 13 a 24 cp.

Se manejó un galonaje casi constante de 390 - 410 gpm., obteniendo un HSI de 0,8 a 1,0 HP/pulg.², casi constante, lo que representó una rata de penetración (ROP) entre 50 – 150 ft/h.

La Figura 3.48, es un extracto del reporte de los parámetros hidráulicos de interés de estudio y ciertos parámetros mecánicos en función de la profundidad de la sección aplicada en la construcción de la presente sección, del análisis de la misma se obtienen los valores de los parámetros aplicados de galonaje, HSI y ROP.

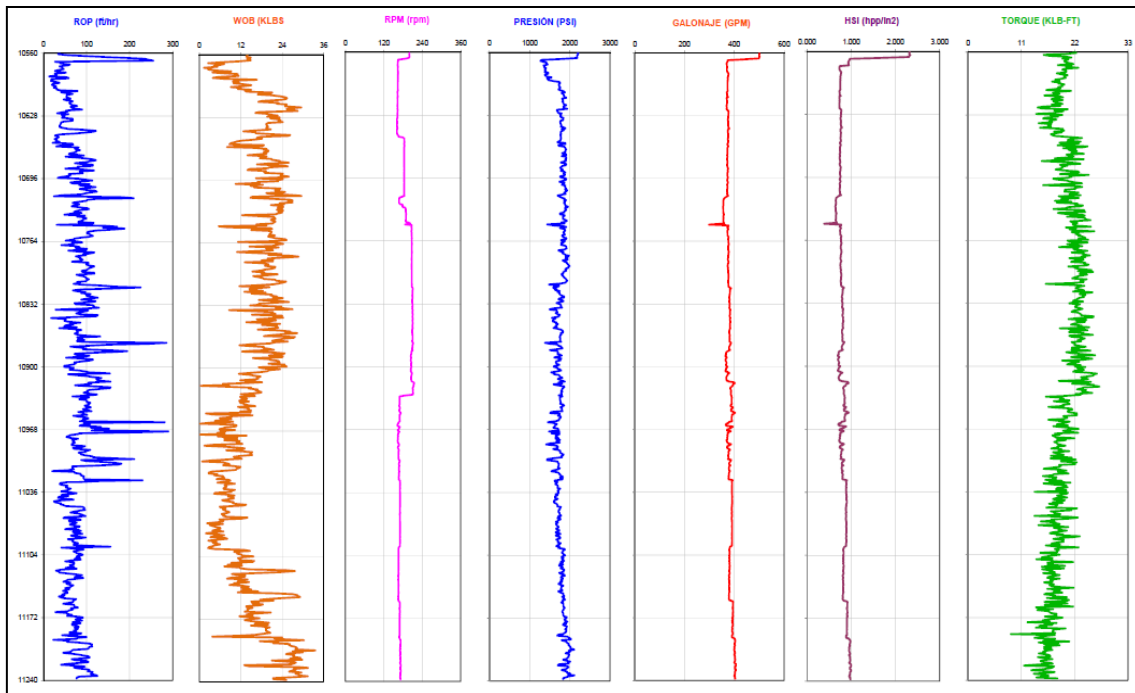


Figura 3.48. Parámetros hidráulicos AGR 20D – Sección 8 ½

Fuente: (ARCH, 2014)

3.2.12.4. Resultados

La primera sección se completa en un tiempo de 5,98 días con 0,05 días de NPT se mantuvieron valores de galonaje y HSI muy variables en amplios rango presentando resultados de ROP moderadamente elevados en promedio.

La sección intermedia se completó en 17,7 días, con 2,5 días de NPT, se mantuvieron galonajes y valores muy variables de HSI con grandes rangos de variación durante la construcción de la sección representando valores relativamente bajos de ROP.

La sección de producción se perforó 5,24 días con 0 horas de NPT, con galonajes adecuados para esta sección y valores de HSI casi estables, dando como resultado ratas de ROP adecuadas para alcanzar el objetivo.

El análisis presenta los valores interpretados de los parámetros de hidráulica de perforación aplicados en la perforación del pozo resumidos en la Tabla 3.12.

Tabla 3.12. Parámetros hidráulicos aplicados pozo AGR 20D

AGR 20D	Sección 16 "		Sección 12,25"		Sección 8,5"	
	Min.	Máx.	Min.	Máx.	Min.	Máx.
Caudal secciones (gpm)	400	1200	850	950	390	410
Caudal promedio secciones (gpm)	800		900		400	
Caudal óptimo acumulado (gpm)	700					
HSI sección (HP/pulg ²)	0,04	4	0,05	3,5	0,8	1
HSI promedio sección (HP/pulg ²)	2,02		1,775		0,9	
HSI óptimo acumulado (HP/pulg²)	1,56					
MW (lpg)	9,2	11	9,8	11,8	8,3	11,8
MW promedio secciones (lpg)	10,1		10,8		10,05	
MW promedio (lpg)	10,31					
ROP (pie/seg)	10	300	75	250	50	150
ROP secciones (pie/seg)	155		162,5		100	
ROP promedio (pie/seg)	139,16					

3.2.13. Análisis del pozo AGUARICO 34D (AGR 34D)

El pozo "AGR 34D", inició su perforación en el Campo Shushufindi el día 22 de Febrero del 2013, fue operado por la empresa contratista Consorcio Shushufindi S.A, utilizando el Rig 17 de Hilong. Fue planeado como un pozo productor construido como un pozo direccional tipo "J", alcanzando una inclinación máxima de 30,65°.

Fue construido en cuatro secciones: agujero de 26" con casing conductor de 20"; agujero de 16" con casing de superficie de 13 $\frac{3}{8}$ "; agujero de 12 $\frac{1}{4}$ " con casing de producción de 9 $\frac{5}{8}$ ", y la sección más profunda con agujero de 8 $\frac{1}{2}$ " y liner de producción de 7".

Su objetivo primario fue la arenisca "T" inferior, sus objetivos secundarios fueron las arenas "U" inferior, "U" superior y "T" superior, alcanzando una profundidad de 9650 pies TVD y 10620 pies MD en 35 días de operación.

3.2.13.1. Sección de 16"

Esta sección fue perforada desde los 265 pies TVD hasta los 5276 pies TVD, utilizando un lodo de perforación que fluctúa entre 9,0 lpg. y 10,8 lpg., con viscosidades comprendidas en un rango de 2 a 12 cp.

Se manejó un galonaje de 450 – 1000 gpm., obteniendo un HSI en el rango de 0,5 a 3,5 HP/pulg.², lo que representó una rata de penetración (ROP) entre 50 – 450 ft/h.

La Figura 3.49, es un extracto del reporte de los parámetros hidráulicos de interés de estudio y ciertos parámetros mecánicos en función de la profundidad de la sección aplicada en la construcción de la presente sección, del análisis de la misma se obtienen los valores de los parámetros aplicados de galonaje, HSI y ROP.

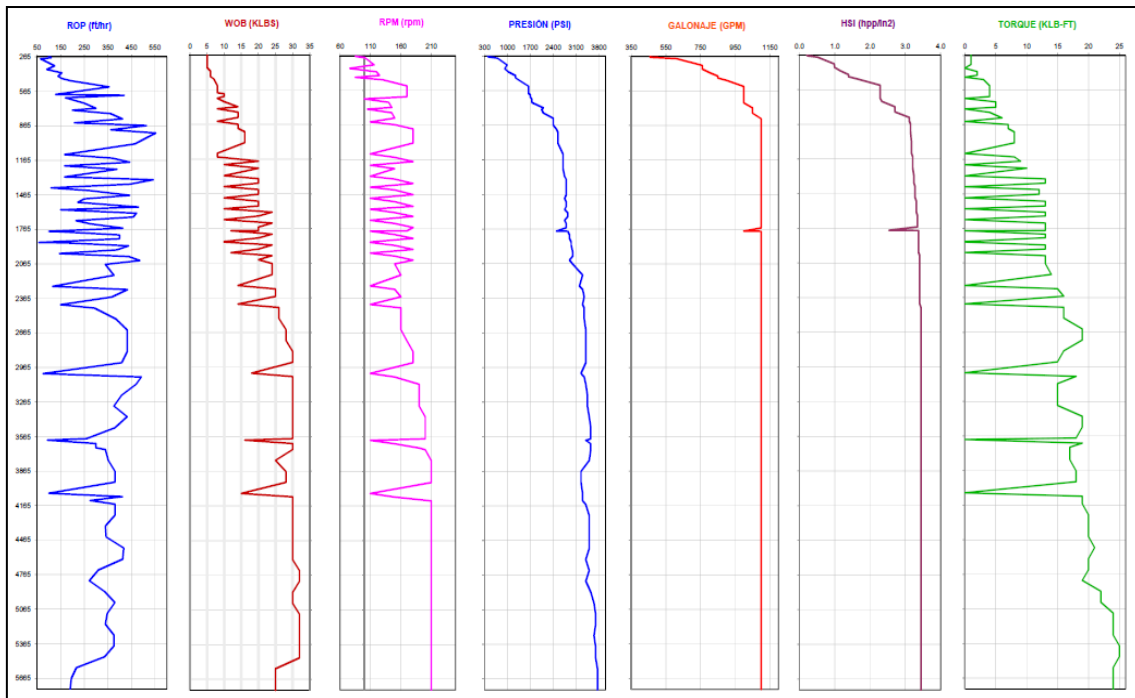


Figura 3.49. Parámetros hidráulicos AGR 34D – Sección 16”

Fuente: (ARCH, 2014)

3.2.13.2. Sección de 12 ¼ ”

Esta sección fue perforada desde los 5276 pies TVD hasta los 9021 pies TVD, utilizando un lodo de perforación que fluctúa entre 9,8 lpg. y 11,5 lpg., con viscosidades comprendidas en un rango de 8 a 37 cp. Se manejó un galonaje de 650 – 850 gpm., obteniendo un HSI de 2,0 – 3,5 HP/pulg.², lo que representó una tasa de penetración (ROP) entre 50 – 300 ft/h.

La Figura 3.50 y 3.51 son un extracto del reporte de los parámetros hidráulicos de interés de estudio y ciertos parámetros mecánicos en función de la profundidad de la sección aplicada en la construcción de la presente sección, del análisis de la misma se obtienen los valores de los parámetros aplicados de galonaje, HSI y ROP.

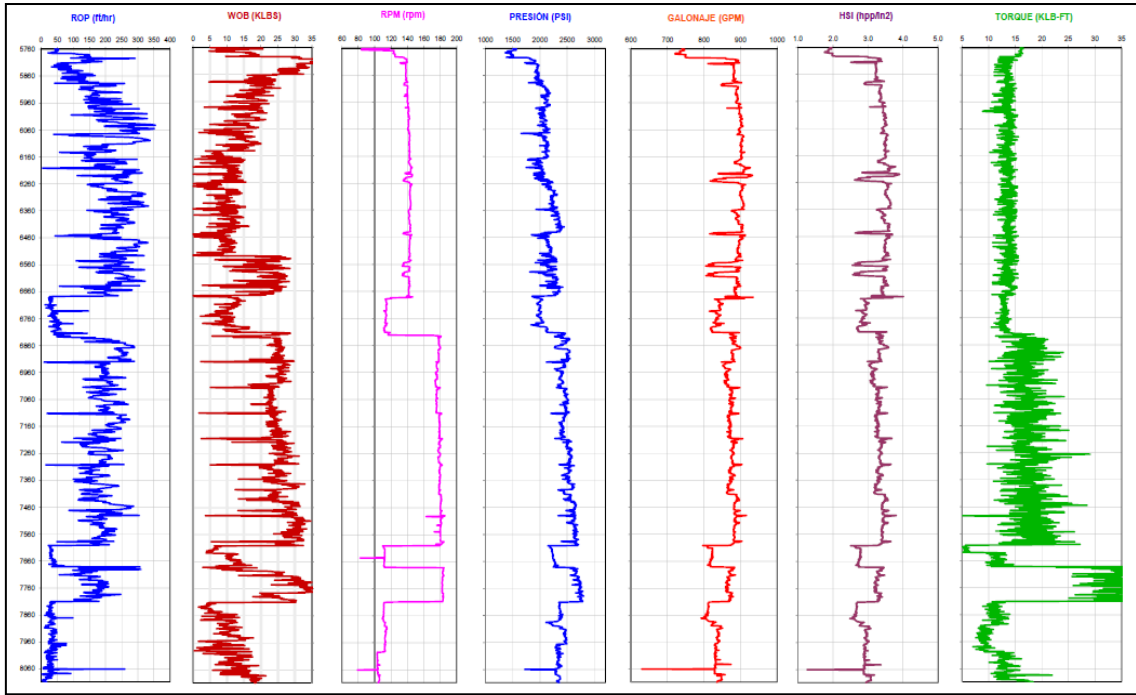


Figura 3.50. Parámetros hidráulicos AGR 34D – Sección 12 ¼ (Parte I)

Fuente: (ARCH, 2014)

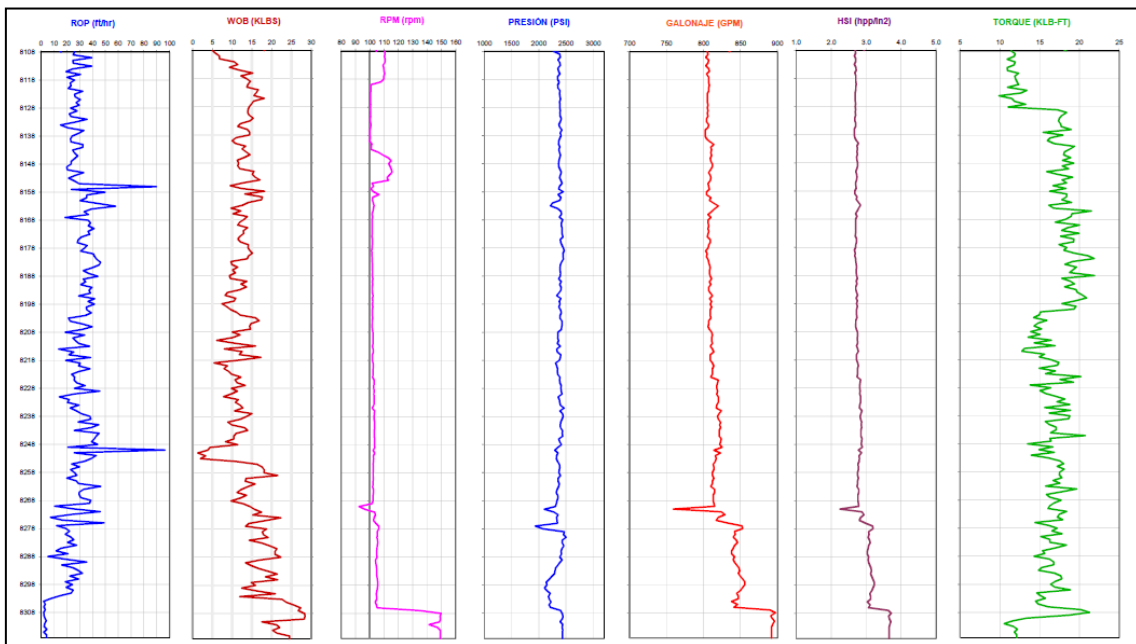


Figura 3.51. Parámetros hidráulicos AGR 34D – Sección 12 ¼ (Parte II)

Fuente: (ARCH, 2014)

3.2.13.3. Sección de 8 ½ ”

Esta sección fue perforada desde los 9021 pies TVD hasta los 9650 pies TVD, utilizando un lodo de perforación que fluctúa entre 8,9 lpg. y 9,4 lpg., con viscosidades comprendidas en un rango de 13 a 18 cp.

Se manejó un galonaje casi constante de 410 - 430 gpm., obteniendo un HSI de 1,2 a 1,5 HP/pulg.², casi constante, lo que representó una tasa de penetración (ROP) entre 50 – 175 ft/h.

La Figura 3.52, es un extracto del reporte de los parámetros hidráulicos de interés de estudio y ciertos parámetros mecánicos en función de la profundidad de la sección aplicada en la construcción de la presente sección, del análisis de la misma se obtienen los valores de los parámetros aplicados de galonaje, HSI y ROP.

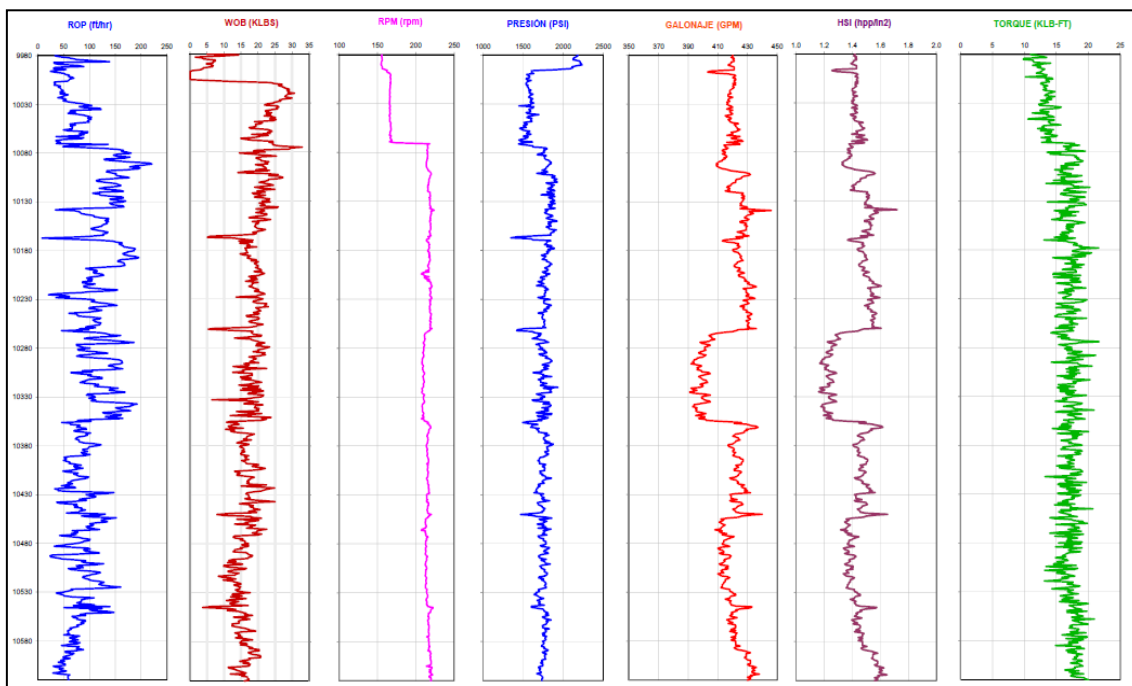


Figura 3.52. Parámetros hidráulicos AGR 34D – Sección 8 ½

Fuente: (ARCH, 2014)

3.2.13.4. Resultados

La primera sección se completa en un tiempo de 5,84 días con 0,29 días de NPT se mantuvieron valores de galonaje y HSI muy variables en amplios rango presentando resultados de ROP moderadamente elevados en promedio.

La sección intermedia se completó en 16,7días, con 8,59 días de NPT debido a tubería apretada y operaciones de martillaje, se mantuvieron galonajes poco y valores de HSI con cortos rangos de variación durante la construcción de la sección representando valores adecuados de ROP.

La sección de producción se perforó 6,62 días con 0,29 días de NPT, con galonajes adecuados para esta sección y valores de HSI casi estables, dando como resultado ratas de ROP adecuadas para alcanzar el objetivo. El análisis presenta los valores interpretados de los parámetros de hidráulica de perforación aplicados en la perforación del pozo resumidos en la Tabla 3.13.

Tabla 3.13. Parámetros hidráulicos aplicados pozo AGR 34D (Parte I)

AGR 34D	Sección 16 "		Sección 12,25"		Sección 8,5"	
	Min.	Máx.	Min.	Máx.	Min.	Máx.
Caudal secciones (gpm)	450	1000	650	850	410	430
Caudal promedio secciones (gpm)	725		750		420	
Caudal óptimo acumulado (gpm)	631,66					
HSI sección (HP/pulg ²)	0,5	3,5	2	3,5	1,2	1,5
HSI promedio sección (HP/pulg ²)	2		2,75		1,35	
HSI óptimo acumulado (HP/pulg²)	2,03					

Tabla 3.13. Parámetros hidráulicos aplicados pozo AGR 34D (Parte II)

MW (lpg)	9	10,8	9,8	11,5	8,9	9,4
MW promedio secciones (lpg)	9,9		10,65		9,15	
MW promedio (lpg)	9,9					
ROP (pie/seg)	50	450	50	300	50	175
ROP secciones (pie/seg)	250		175		112,5	
ROP promedio (pie/seg)	179,16					

3.2.14. Análisis del pozo AGUARICO 5B (AGR 5B)

El pozo “AGR 5B”, inició su perforación en el Campo Shushufindi el día 07 de Agosto del 2013, fue operado por la empresa contratista Consorcio Shushufindi S.A, utilizando el Rig 176 de H&P. Fue planeado como un pozo productor construido como un pozo direccional tipo “S”, alcanzando una inclinación máxima de 19,36°.

Fue construido en cuatro secciones: agujero de 26” con casing conductor de 20”; agujero de 16” con casing de superficie de 13 3/8”; agujero de 12 1/4” con casing de producción de 9 5/8”, y la sección más profunda con agujero de 8 1/2” y liner de producción de 7”.

Su objetivo primario fue la arenisca “T” inferior y “U” inferior, sus objetivos secundarios fueron las arenas “U” superior y “T” superior, alcanzando una profundidad de 9654 pies TVD y 9729 pies MD en 23 días de operación.

3.2.14.1. Sección de 16"

Esta sección fue perforada desde los 286 pies TVD hasta los 5250 pies TVD, utilizando un lodo de perforación que fluctúa entre 9,0 lpg. y 10,6 lpg., con viscosidades comprendidas en un rango de 5 a 14 cp.

Se manejó un galonaje de 600 – 1000 gpm., obteniendo un HSI en el rango de 0,3 a 1,8 HP/pulg.², lo que representó una tasa de penetración (ROP) entre 75 – 175 ft/h.

La Figura 3.53, es un extracto del reporte de los parámetros hidráulicos de interés de estudio y ciertos parámetros mecánicos en función de la profundidad de la sección aplicada en la construcción de la presente sección, del análisis de la misma se obtienen los valores de los parámetros aplicados de galonaje, HSI y ROP.

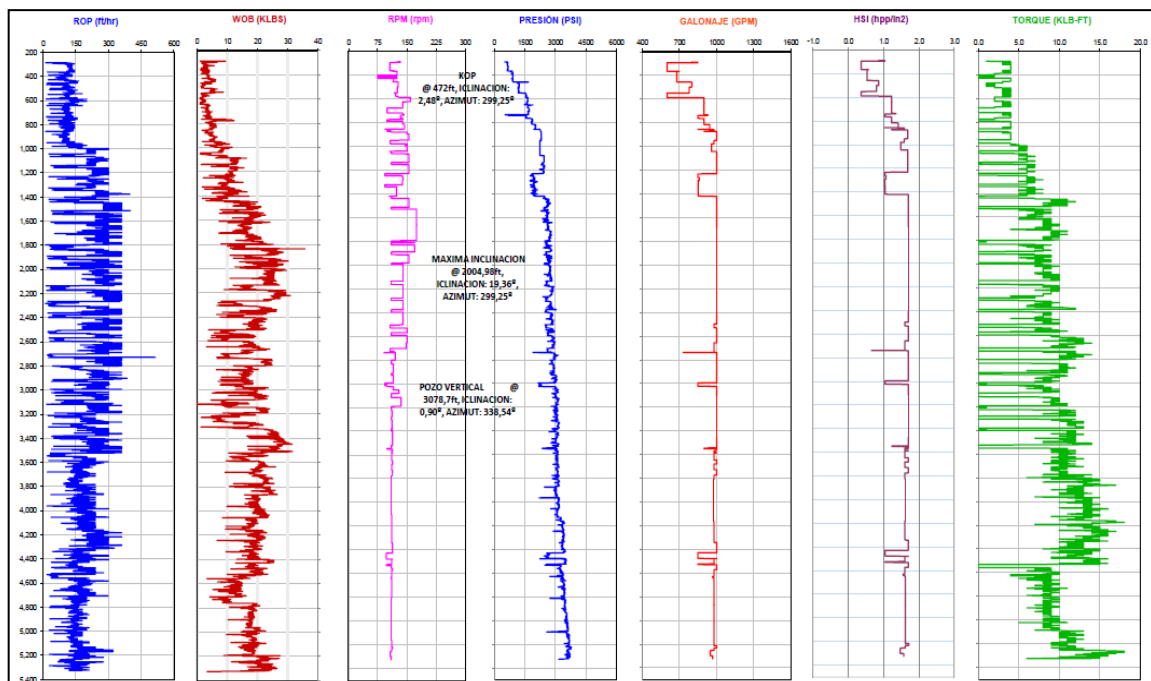


Figura 3.53. Parámetros hidráulicos AGR 5B – Sección 16"

Fuente: (ARCH, 2014)

3.2.14.2. Sección de 12 ¼ ”

Esta sección fue perforada desde los 5250 pies TVD hasta los 8965 pies TVD, utilizando un lodo de perforación que fluctúa entre 9,7 lpg. y 10,8 lpg., con viscosidades comprendidas en un rango de 10 a 22 cp. Se manejó un galonaje de 800 – 1100 gpm., obteniendo un HSI de 1,0 – 3,5 HP/pulg.², lo que representó una tasa de penetración (ROP) entre 100 – 300 ft/h.

Las Figuras 3.54 y 3.55 son un extracto del reporte de los parámetros hidráulicos de interés de estudio y ciertos parámetros mecánicos en función de la profundidad de la sección aplicada en la construcción de la presente sección, del análisis de la misma se obtienen los valores de los parámetros aplicados de galonaje, HSI y ROP.

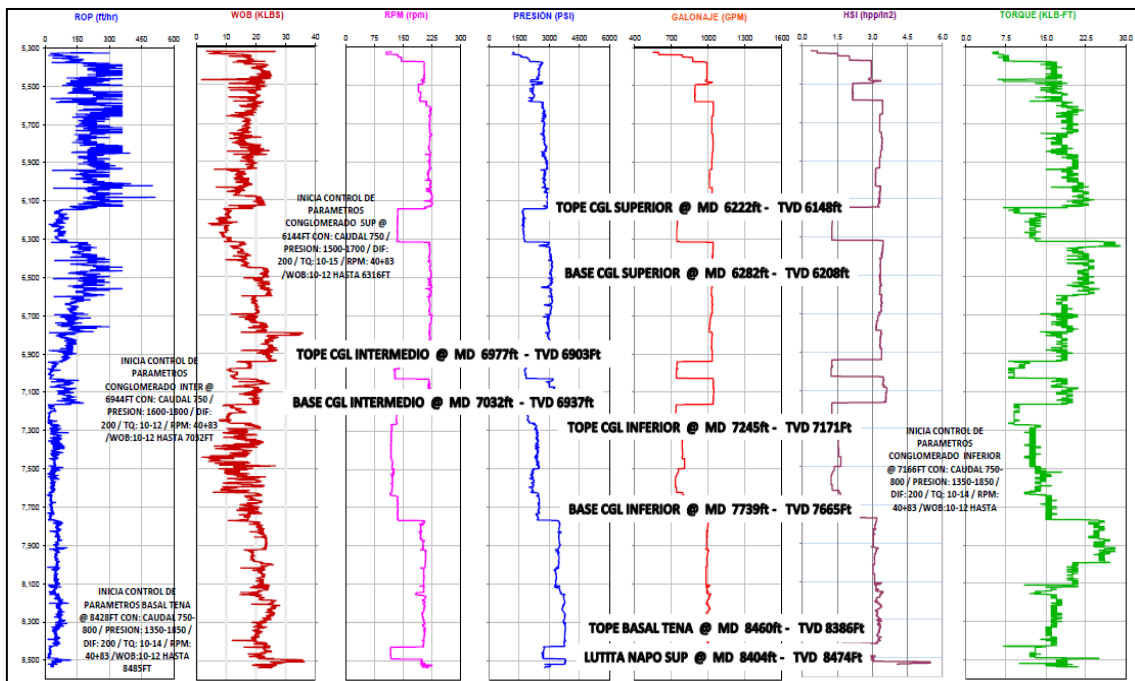


Figura 3.54. Parámetros hidráulicos AGR 5B – Sección 12 ¼ (Parte I)

Fuente: (ARCH, 2014)

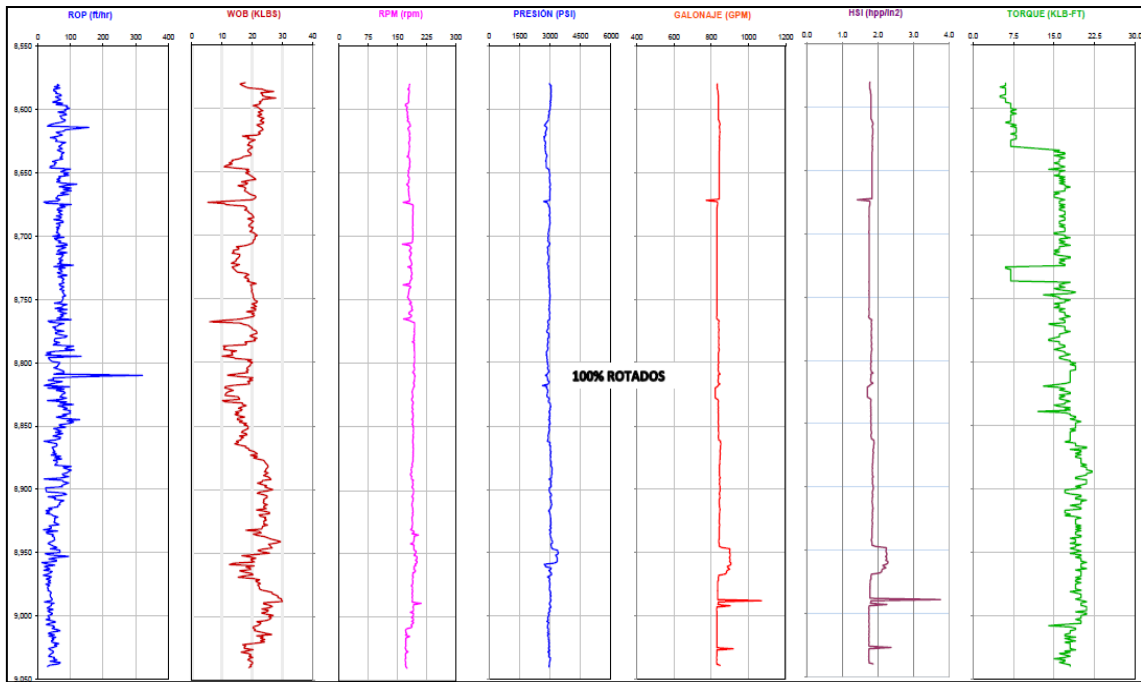


Figura 3.55. Parámetros hidráulicos AGR 5B – Sección 12 ¼ (Partell)

Fuente: (ARCH, 2014)

3.2.14.3. Sección de 8 ½ ”

Esta sección fue perforada desde los 8965 pies TVD hasta los 9654 pies TVD, utilizando un lodo de perforación que fluctúa entre 8,9 lpg. y 9,2 lpg., con viscosidades comprendidas en un rango de 13 a 25 cp.

Se manejó un galonaje constante de 375 gpm., obteniendo un HSI de 1,1 HP/pulg.², constante, lo que representó una tasa de penetración (ROP) entre 40 – 100 ft/h.

La Figura 3.56, es un extracto del reporte de los parámetros hidráulicos de interés de estudio y ciertos parámetros mecánicos en función de la profundidad de la sección aplicada en la construcción de la presente sección, del análisis de la misma se obtienen los valores de los parámetros aplicados de galonaje, HSI y ROP.

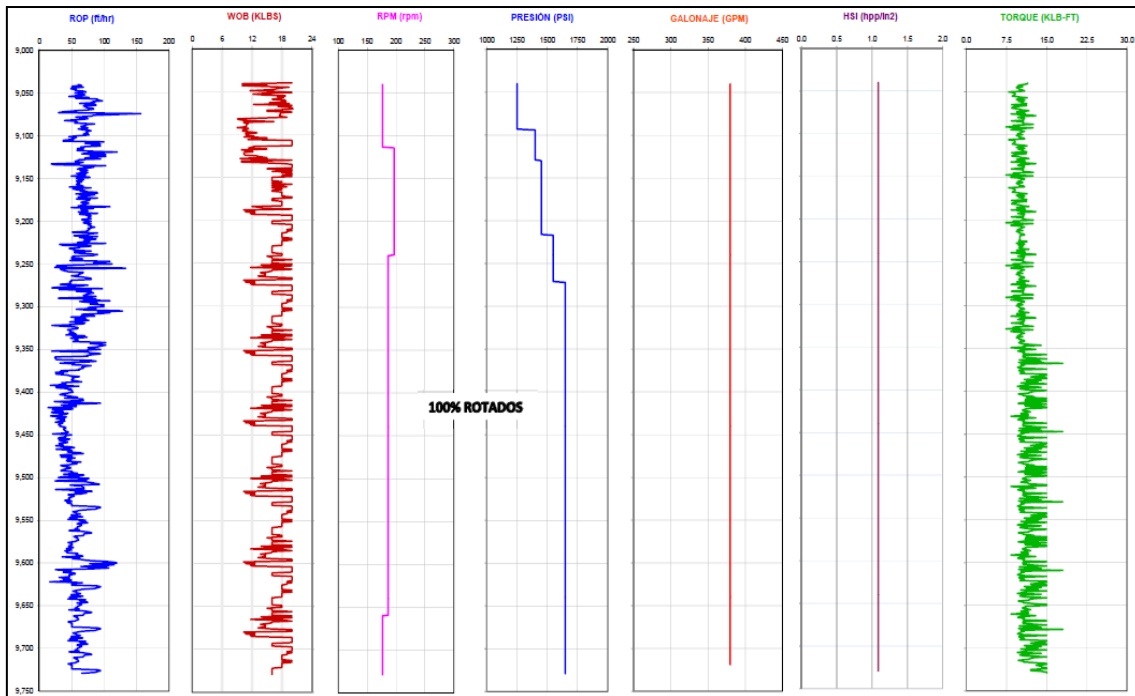


Figura 3.56. Parámetros hidráulicos AGR 5B – Sección 8 ½

Fuente: (ARCH, 2014)

3.2.14.4. Resultados

La primera sección se completa en un tiempo de 7,28 días con 22 horas de NPT se mantuvieron valores de galonaje y HSI variables en rangos cortos presentando resultados de ROP relativamente bajos para esta sección.

La sección intermedia se completó en 8,27días, con 1 hora de NPT, tiempo casi nulo, se mantuvieron galonajes altos y sin una variación significativa con valores de HSI variables en amplio rango durante la construcción de la sección representando valores de ROP elevados.

La sección de producción se perforó 5,06 días con 1 hora de NPT, con galonajes y HSI estables y elevados para esta sección.

El análisis presenta los valores interpretados de los parámetros de hidráulica de perforación aplicados en la perforación del pozo resumidos en la Tabla 3.14.

Tabla 3.14. Parámetros hidráulicos aplicados pozo AGR 5B

AGR 5B	Sección 16 "		Sección 12,25"		Sección 8,5"	
	Min.	Máx.	Min.	Máx.	Min.	Máx.
Caudal secciones (gpm)	600	1000	800	1100	375	375
Caudal promedio secciones (gpm)	800		950		375	
Caudal óptimo acumulado (gpm)	708,33					
HSI sección (HP/pulg ²)	0,3	1,8	1	3,5	1,1	1,1
HSI promedio sección (HP/pulg ²)	1,05		2,25		1,1	
HSI óptimo acumulado (HP/pulg²)	1,46					
MW (lpg)	9	10,6	9,8	11,8	8,3	11,8
MW promedio secciones (lpg)	9,8		10,8		10,05	
MW promedio (lpg)	10,21					
ROP (pie/seg)	75	175	10	300	40	100
ROP secciones (pie/seg)	125		155		70	
ROP promedio (pie/seg)	116,66					

3.2.15. Análisis del pozo SHUSHUFINDI 209 D (SSFD 209D)

El pozo “SSFD 209D”, inició su perforación en el Campo Shushufindi el día 03 de Septiembre del 2013, fue operado por la empresa contratista Consorcio Shushufindi S.A, utilizando el Rig 111 de Tuscany. Fue planeado como un pozo productor construido como un pozo direccional tipo “J”, alcanzando una inclinación máxima de 32,80°.

Fue construido en cuatro secciones: agujero de 26” con casing conductor de 20”; agujero de 16” con casing de superficie de 13 3/8”; agujero de 12 1/4” con casing de producción de 9 5/8”, y la sección más profunda con agujero de 8 1/2” y liner de producción de 7”.

Su objetivo primario fue la arenisca “T” inferior y “U” inferior, sus objetivos secundarios fueron las arenas “U” superior y “T” superior, alcanzando una profundidad de 9864 pies TVD y 11100 pies MD en 26 días de operación.

3.2.15.1. Sección de 16”

Esta sección fue perforada desde los 213 pies TVD hasta los 5813 pies TVD, utilizando un lodo de perforación que fluctúa entre 9,1 lpg. y 11,0 lpg., con viscosidades comprendidas en un rango de 4 a 10 cp.

Se manejó un galonaje de 500 – 1100 gpm., obteniendo un HSI en el rango de 0,5 a 3,5 HP/pulg.², lo que representó una rata de penetración (ROP) entre 75 – 300 ft/h.

La Figura 3.57, es un extracto del reporte de los parámetros hidráulicos de interés de estudio y ciertos parámetros mecánicos en función de la profundidad de la sección aplicada en la construcción de la presente sección, del análisis de la misma se obtienen los valores de los parámetros aplicados de galonaje, HSI y ROP.

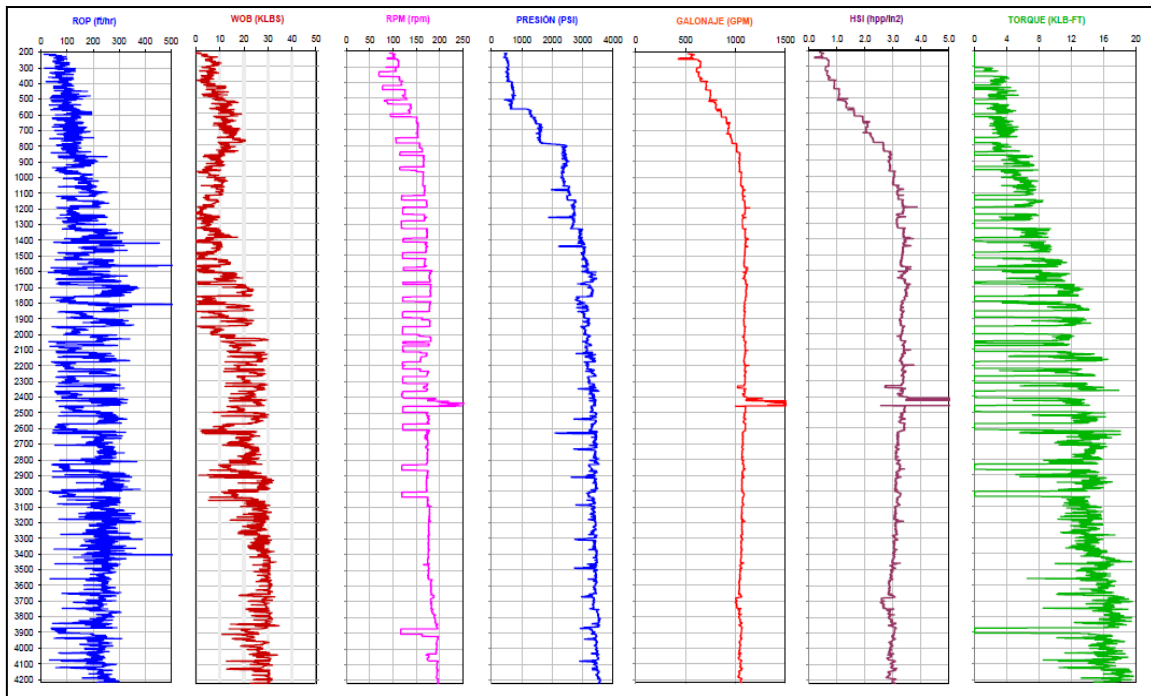


Figura 3.57. Parámetros hidráulicos SSFD 209D – Sección 16”

Fuente: (ARCH, 2014)

3.2.15.2. Sección de 12 ¼ ”

Esta sección fue perforada desde los 5813 pies TVD hasta los 9034 pies TVD, utilizando un lodo de perforación que fluctúa entre 10,3 lpg. y 11,7 lpg., con viscosidades comprendidas en un rango de 10 a 23 cp. Se manejó un galonaje de 750 – 1100 gpm., obteniendo un HSI de 1,4 – 4,0 HP/pulg.², lo que representó una tasa de penetración (ROP) entre 50 – 75 ft/h.

Las Figuras 3.58 y 3.59 son un extracto del reporte de los parámetros hidráulicos de interés de estudio y ciertos parámetros mecánicos en función de la profundidad de la sección aplicada en la construcción de la presente sección, del análisis de la misma se obtienen los valores de los parámetros aplicados de galonaje, HSI y ROP.

Los rangos representados entre las líneas rojas horizontales no representan datos significativos de los parámetros de hidráulica de perforación o de interés del presente estudio, puesto que representan lapsos de toma de control de parámetros y de muestras en los conglomerados inferiores.

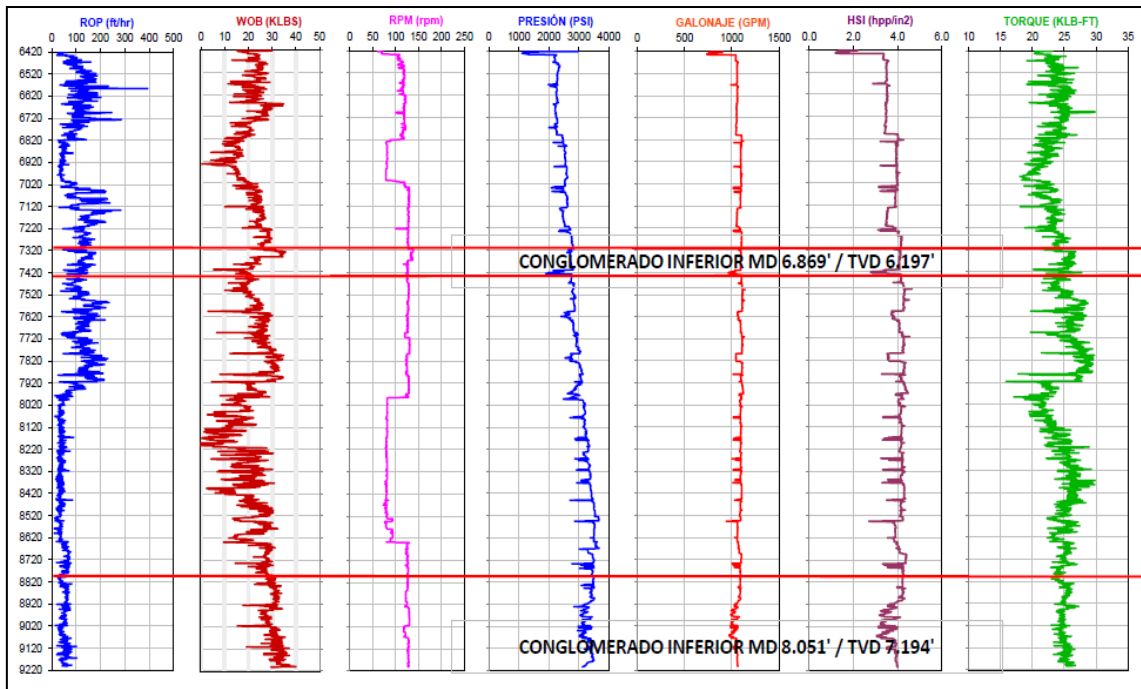


Figura 3.58. Parámetros hidráulicos SFFD 209D – Sección 12 ¼ (Parte I)

Fuente: (ARCH, 2014)

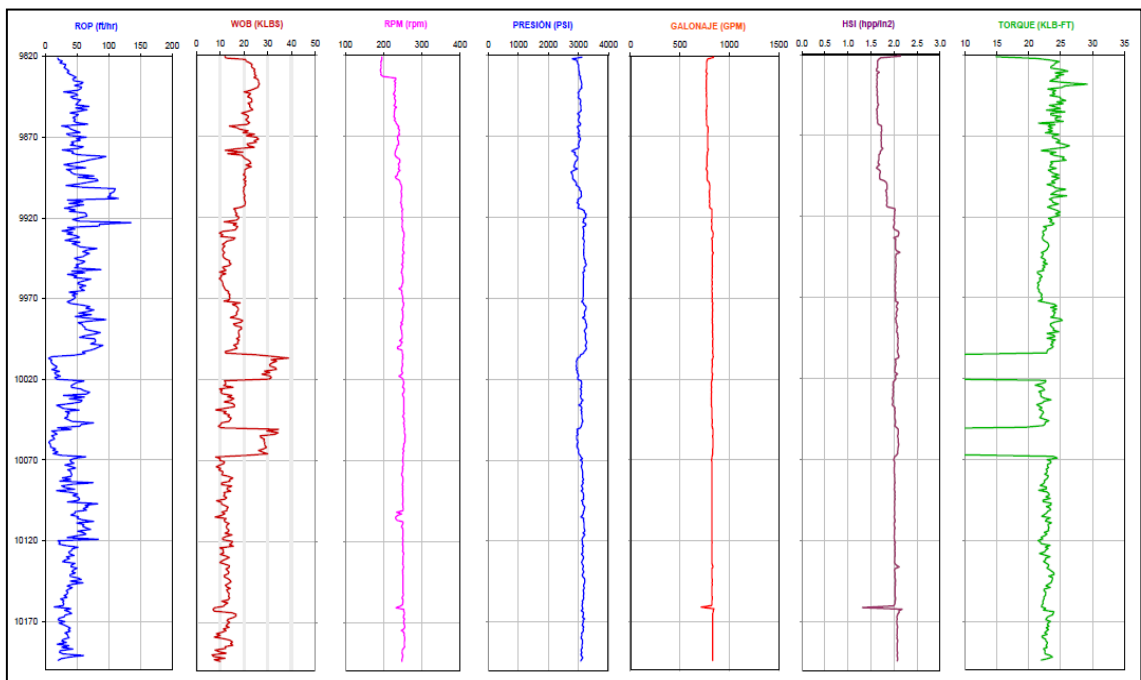


Figura 3.59. Parámetros hidráulicos SFFD 209D – Sección 12 ¼ (Part II)

Fuente: (ARCH, 2014)

3.2.15.3. Sección de 8 ½ ”

Esta sección fue perforada desde los 9034 pies TVD hasta los 9864 pies TVD, utilizando un lodo de perforación que fluctúa entre 8,3 lpg. y 9,5 lpg., con viscosidades comprendidas en un rango de 21 a 26 cp.

Se manejó un galonaje casi constante comprendido en el rango de 350 - 400 gpm., obteniendo un HSI de 0,8 – 1,2 HP/pulg.², constante, lo que representó una tasa de penetración (ROP) entre 50 – 75 ft/h.

La Figura 3.60, es un extracto del reporte de los parámetros hidráulicos de interés de estudio y ciertos parámetros mecánicos en función de la profundidad de la sección aplicada en la construcción de la presente sección, del análisis de la misma se obtienen los valores de los parámetros aplicados de galonaje, HSI y ROP.

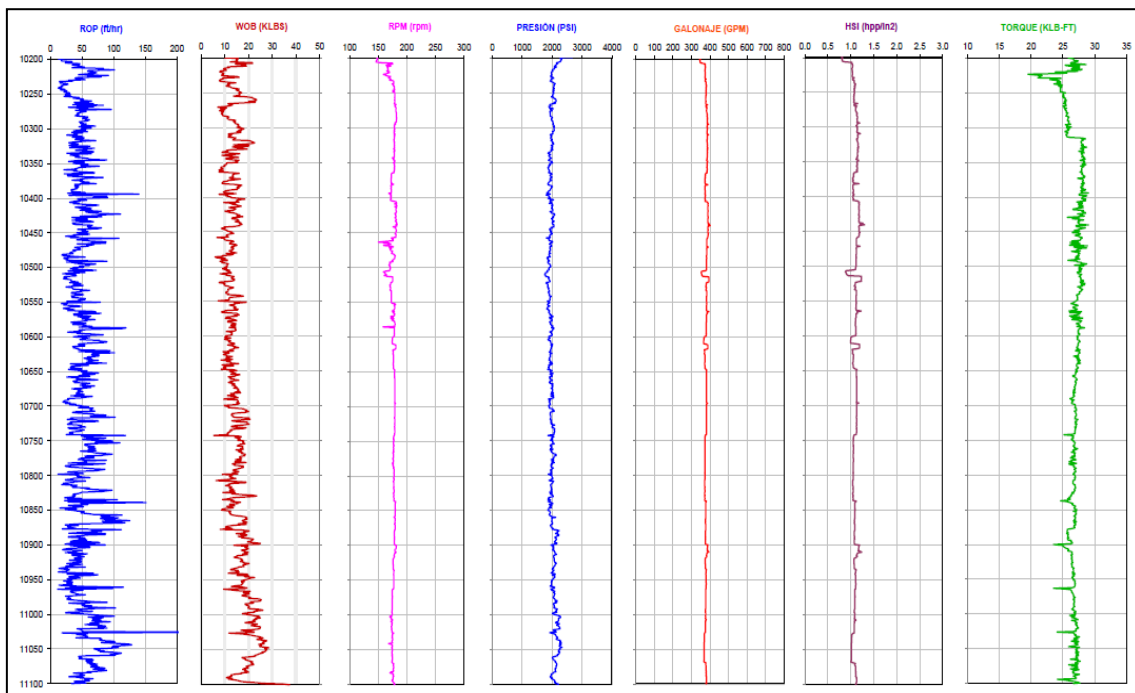


Figura 3.60. Parámetros hidráulicos SFFD 209D – Sección 8 ½

Fuente: (ARCH, 2014)

3.2.15.4. Resultados

La primera sección se completa en un tiempo de 5,48 días con 0,10 días de NPT se mantuvieron valores de galonaje y HSI variables en amplios presentando resultados de ROP moderadamente elevados.

La sección intermedia se completó en 11,92 días, con 0,08 días de NPT, tiempo casi nulo, se mantuvieron valores de galonaje alto comprendido en rangos cortos de variación y con valores de HSI variables en amplio rango durante la construcción de la sección representando valores de ROP bajos.

La sección de producción se perforó 4,75 días con 0 horas de NPT, con galonajes y HSI estables y adecuados para esta sección.

El análisis presenta los valores interpretados de los parámetros de hidráulica de perforación aplicados en la perforación del pozo resumidos en la Tabla 3.15.

Tabla 3.15. Parámetros hidráulicos aplicados pozo SFFD 209D (Parte I)

AGR 209D	Sección 16 "		Sección 12,25"		Sección 8,5"	
	Min.	Máx.	Min.	Máx.	Min.	Máx.
Caudal secciones (gpm)	500	1100	750	1100	350	400
Caudal promedio secciones (gpm)	800		925		375	
Caudal óptimo acumulado (gpm)	700					
HSI sección (HP/pulg ²)	0,5	3,5	1,4	4	0,8	1,2
HSI promedio sección (HP/pulg ²)	2		2,7		1	
HSI óptimo acumulado (HP/pulg²)	1,9					

Tabla 3.15. Parámetros hidráulicos aplicados pozo SFFD 209D (Parte II)

MW (lpg)	9,1	11	10,3	11,7	8,5	9,5
MW promedio secciones (lpg)	10,05		11		9	
MW promedio (lpg)	10,01					
ROP (pie/seg)	75	300	50	75	35	75
ROP secciones (pie/seg)	187,5		62,5		55	
ROP promedio (pie/seg)	101,66					

3.2.16. Análisis del pozo SHUSHUFINDI 189D (SSFD 189D)

El pozo “SSFD 189D”, inició su perforación en el Campo Shushufindi el día 09 de Octubre del 2013, fue operado por la empresa contratista Consorcio Shushufindi S.A, utilizando el Rig 17 de Hilong. Fue planeado como un pozo productor construido como un pozo direccional tipo “S”, alcanzando una inclinación máxima de 19,40°.

Fue construido en cuatro secciones: agujero de 26” con casing conductor de 20”; agujero de 16” con casing de superficie de 13 ³/₈”; agujero de 12 ¹/₄” con casing de producción de 9 ⁵/₈”, y la sección más profunda con agujero de 8 ¹/₂” y liner de producción de 7”.

Su objetivo primario fue la arenisca “T” inferior y “U” inferior, sus objetivos secundarios fueron las arenas “U” superior y “T” superior, alcanzando una profundidad de 9776 pies TVD y 9859 pies MD en 27 días de operación.

3.2.16.1. Sección de 16"

Esta sección fue perforada desde los 192 pies TVD hasta los 5134 pies TVD, utilizando un lodo de perforación que fluctúa entre 8,5 lpg. y 10,8 lpg., con viscosidades comprendidas en un rango de 3 a 9 cp.

Se manejó un galonaje de 900 – 1200 gpm., obteniendo un HSI en el rango de 0,5 a 3,5 HP/pulg.², lo que representó una tasa de penetración (ROP) entre 75 – 450 ft/h.

La Figura 3.61, es un extracto del reporte de los parámetros hidráulicos de interés de estudio y ciertos parámetros mecánicos en función de la profundidad de la sección aplicada en la construcción de la presente sección, del análisis de la misma se obtienen los valores de los parámetros aplicados de galonaje, HSI y ROP.

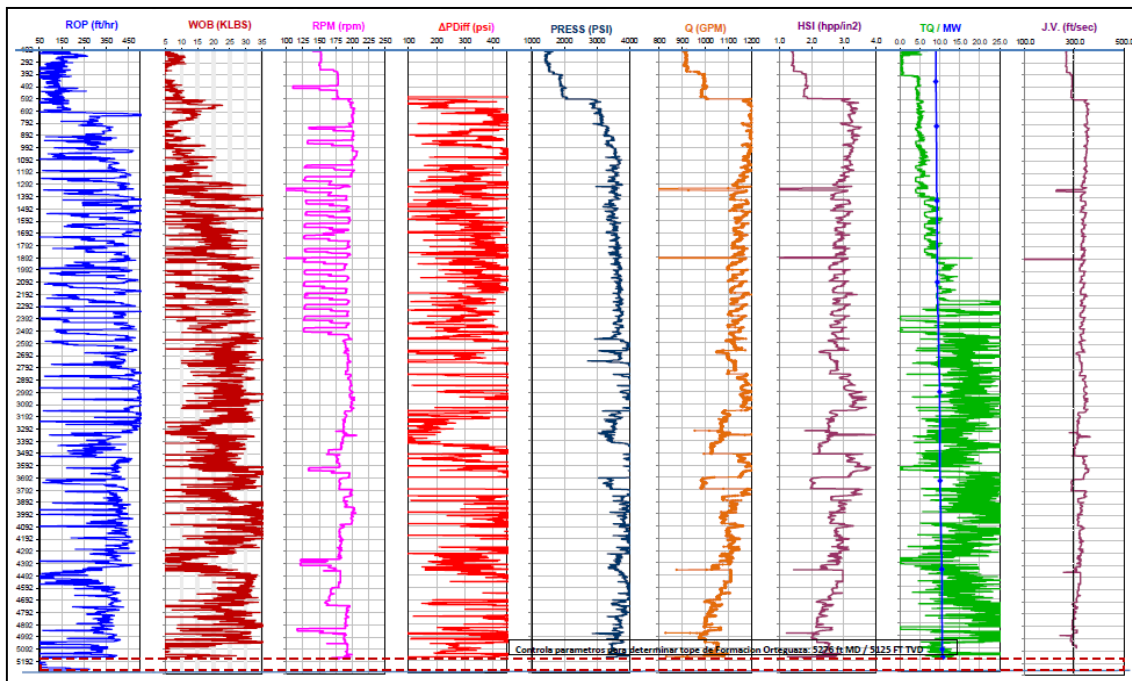


Figura 3.61. Parámetros hidráulicos SSFD SSFD 189D D – Sección 16"

Fuente: (ARCH, 2014)

3.2.16.2. Sección de 12 ¼ ”

Esta sección fue perforada desde los 5134 pies TVD hasta los 8842 pies TVD, utilizando un lodo de perforación que fluctúa entre 11,0 lpg. y 11,5 lpg., con viscosidades comprendidas en un rango de 11 a 20 cp.

Se manejó un galonaje de 500 – 1050 gpm., obteniendo un HSI de 1,9 – 3,5 HP/pulg. ², lo que representó una rata de penetración (ROP) entre 50 – 250 ft/h.

Las Figuras 3.62 y 3.63 son un extracto del reporte de los parámetros hidráulicos de interés de estudio y ciertos parámetros mecánicos en función de la profundidad de la sección aplicada en la construcción de la presente sección, del análisis de la misma se obtienen los valores de los parámetros aplicados de galonaje, HSI y ROP.

Los rangos representados entre las líneas rojas horizontales no representan datos significativos de los parámetros de hidráulica de perforación o de interés del presente estudio, puesto que representan lapsos de toma de control de parámetros y de muestras en los conglomerados superiores e inferiores.

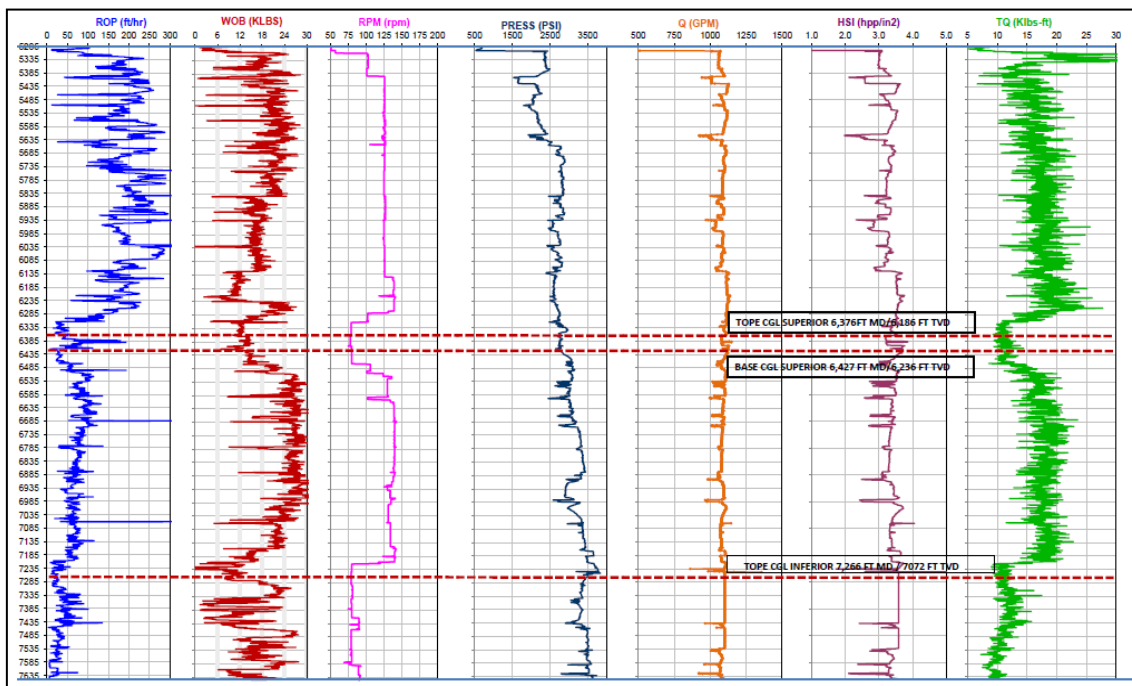


Figura 3.62. Parámetros hidráulicos SSFD 189D – Sección 12 ¼ (Parte I)

Fuente: (ARCH, 2014)

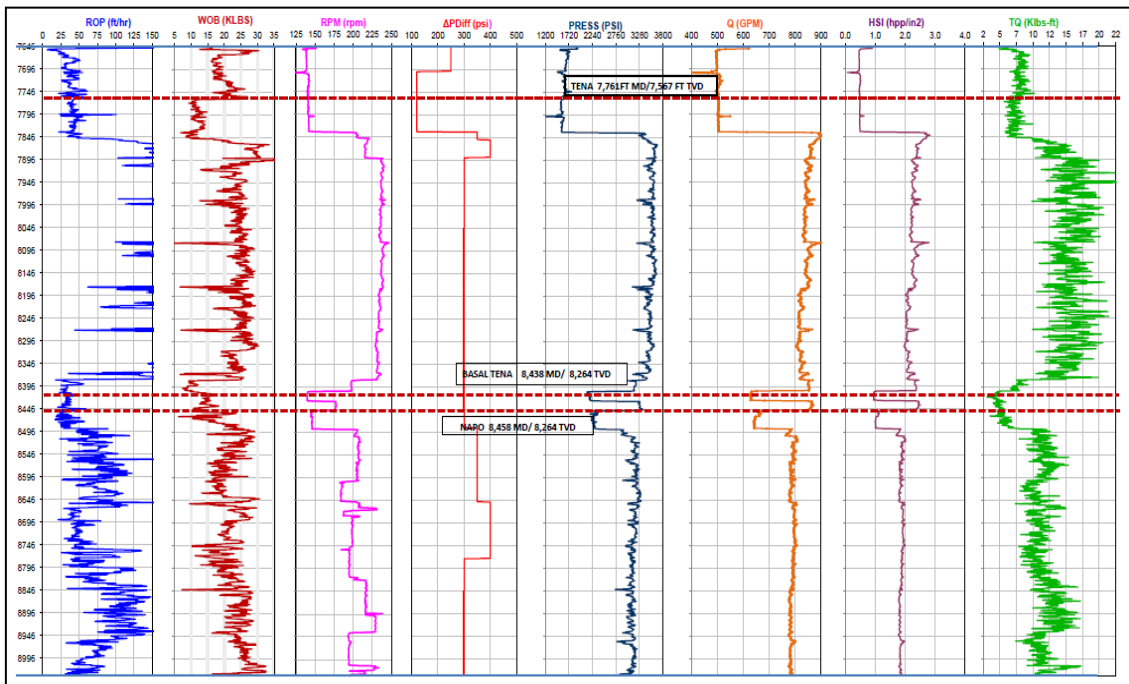


Figura 3.63. Parámetros hidráulicos SSFD 189D – Sección 12 ¼ (Partell)

Fuente: (ARCH, 2014)

3.2.16.3. Sección de 8 ½ ”

Esta sección fue perforada desde los 8842 pies TVD hasta los 9776 pies TVD, utilizando un lodo de perforación que fluctúa entre 9,1 lpg. y 9,4 lpg., con viscosidades comprendidas en un rango de 16 a 23 cp.

Se manejó un galonaje casi constante comprendido en el rango de 250 - 375 gpm., obteniendo un HSI de 0,7 – 0,9 HP/pulg.², constante, lo que representó una rata de penetración (ROP) entre 40 – 70 ft/h.

La Figura 3.64, es un extracto del reporte de los parámetros hidráulicos de interés de estudio y ciertos parámetros mecánicos en función de la profundidad de la sección aplicada en la construcción de la presente sección, del análisis de la misma se obtienen los valores de los parámetros aplicados de galonaje, HSI y ROP.

Los rangos representados entre las líneas rojas horizontales no representan datos significativos de los parámetros de hidráulica de perforación o de interés del presente estudio, puesto que representan lapsos de toma de control de parámetros y de muestras en los conglomerados superiores e inferiores.

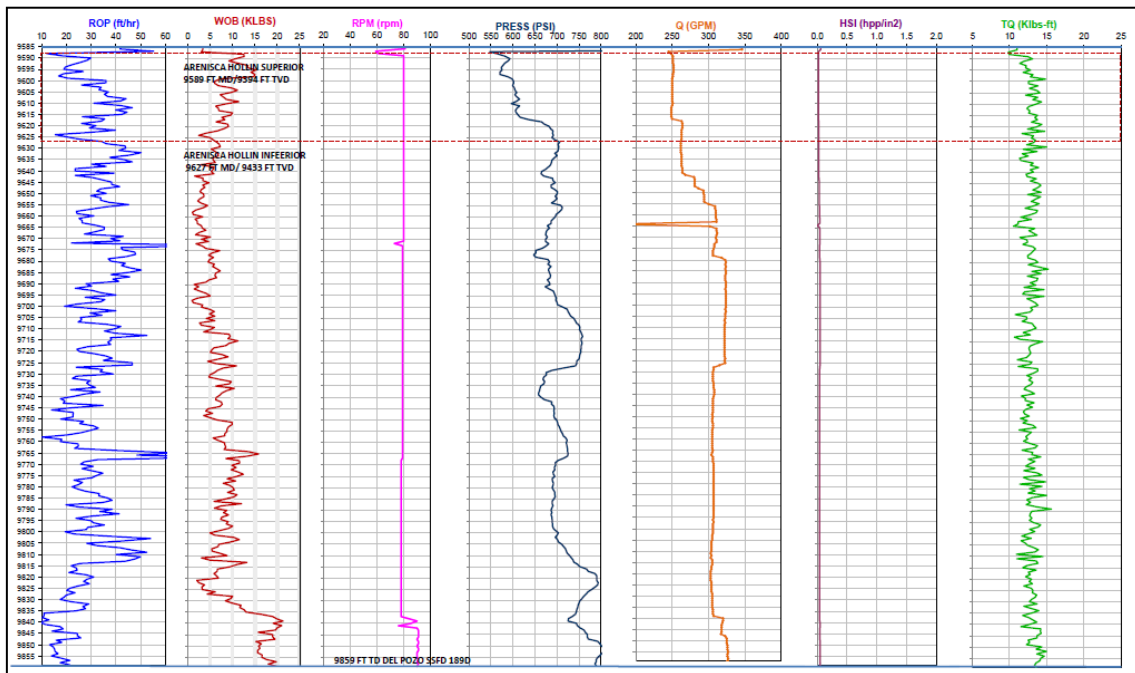


Figura 3.64. Parámetros hidráulicos SSFD 189D – Sección 8 ½

Fuente: (ARCH, 2014)

3.2.16.4. Resultados

La primera sección se completa en un tiempo de 5,96 días con 0,04 días de NPT se mantuvieron valores de galonaje y HSI elevados variables en amplios rangos, presentando resultados de ROP elevados.

La sección intermedia se completó en 8,4 días, con 3,65 días de NPT, causados por problemas en la tubería y la necesidad cambio de brazos del Top Drive del taladro, se mantuvieron valores de galonaje altos comprendidos en rangos amplios de variación y con valores de HSI variables en amplio rango durante la construcción de la sección representando valores bajos de ROP.

La sección de producción se perforó 6,0 días con 3,0 horas de NPT, con galonajes y HSI estables aunque algo bajos para esta sección.

El análisis presenta los valores interpretados de los parámetros de hidráulica de perforación aplicados en la perforación del pozo resumidos en la Tabla 3.16.

Tabla 3.16. Parámetros hidráulicos aplicados pozo SSFD 189D

SSFD 189D	Sección 16 "		Sección 12,25"		Sección 8,5"	
	Min.	Máx.	Min.	Máx.	Min.	Máx.
Caudal secciones (gpm)	900	1200	500	1050	250	375
Caudal promedio secciones (gpm)	1050		775		312,5	
Caudal óptimo acumulado (gpm)	712,5					
HSI sección (HP/pulg ²)	0,5	3,5	1,9	3,5	0,7	0,9
HSI promedio sección (HP/pulg ²)	2		2,7		0,8	
HSI óptimo acumulado (HP/pulg²)	1,83					
MW (lpg)	8,5	10,8	11	11,5	9,1	9,4
MW promedio secciones (lpg)	9,65		11,25		9,25	
MW promedio (lpg)	10,05					
ROP (pie/seg)	75	450	50	250	40	70
ROP secciones (pie/seg)	262,5		150		55	
ROP promedio (pie/seg)	155,83					

3.2.17. Análisis del pozo SHUSHUFINDI 141D (SSFD 141D)

El pozo “SSFD 141D”, inició su perforación en el Campo Shushufindi el día 24 de Diciembre del 2013, fue operado por la empresa contratista Consorcio Shushufindi S.A, utilizando el Rig 169 de Sinopec. Fue planeado como un pozo productor construido como un pozo direccional tipo “S”, alcanzando una inclinación máxima de 28,38°.

Fue construido en cuatro secciones: agujero de 26” con casing conductor de 20”; agujero de 16” con casing de superficie de 13 $\frac{3}{8}$ ”; agujero de 12 $\frac{1}{4}$ ” con casing de producción de 9 $\frac{5}{8}$ ”, y la sección más profunda con agujero de 8 $\frac{1}{2}$ ” y liner de producción de 7”.

Su objetivo primario fue la arenisca “T” inferior, sus objetivos secundarios fueron las arenas “U” inferior, “U” superior y “T” superior, alcanzando una profundidad de 9776 pies TVD y 9859 pies MD en 27 días de operación.

3.2.17.1. Sección de 16”

Esta sección fue perforada desde los 190 pies TVD hasta los 5319 pies TVD, utilizando un lodo de perforación que fluctúa entre 8,8 lpg. y 10,6 lpg., con viscosidades comprendidas en un rango de 4 a 12 cp.

Se manejó un galonaje de 400 – 1050 gpm., obteniendo un HSI en el rango de 0,2 a 3,1 HP/pulg.², lo que representó una rata de penetración (ROP) entre 90 – 220 ft/h.

La Figura 3.65, es un extracto del reporte de los parámetros hidráulicos de interés de estudio y ciertos parámetros mecánicos en función de la profundidad de la sección aplicada en la construcción de la presente sección, del análisis de la misma se obtienen los valores de los parámetros aplicados de galonaje, HSI y ROP.

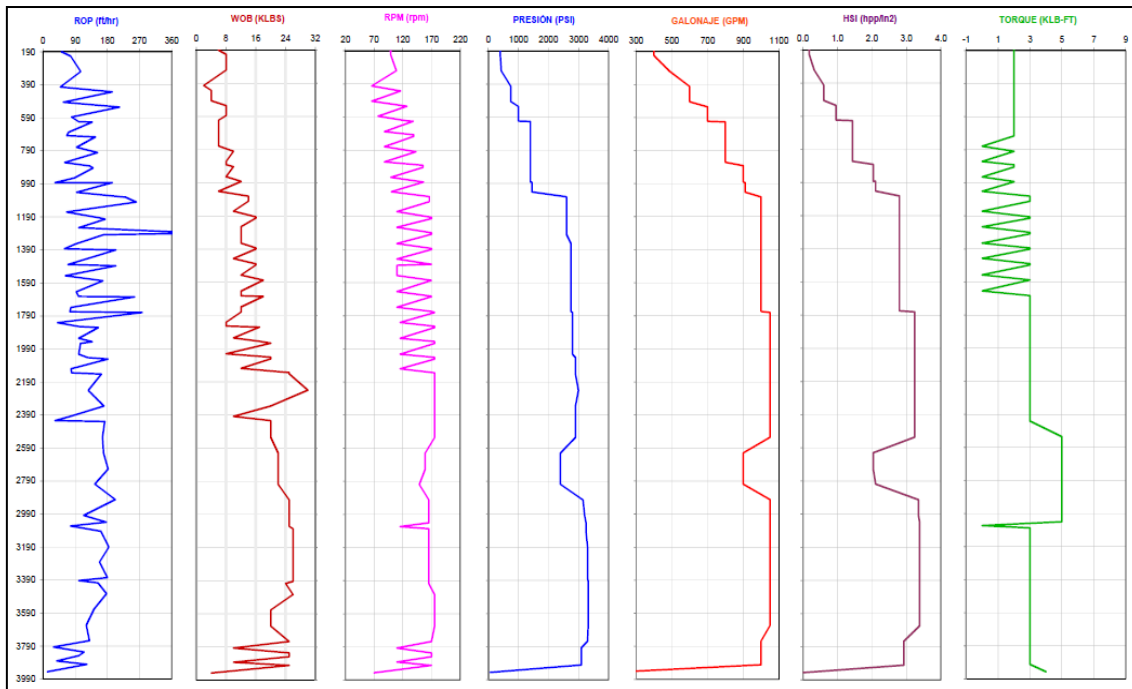


Figura 3.65. Parámetros hidráulicos SSFD 141D – Sección 16”

Fuente: (ARCH, 2014)

3.2.17.2. Sección de 12 ¼ ”

Esta sección fue perforada desde los 5319 pies TVD hasta los 8966 pies TVD, utilizando un lodo de perforación que fluctúa entre 9,7 lpg. y 10,6 lpg. con viscosidades comprendidas en un rango de 7 a 19 cp.

Se manejó un galonaje de 600 – 900 gpm., obteniendo un HSI de 1,5 – 3,0 HP/pulg.², lo que representó una tasa de penetración (ROP) entre 40 – 135 ft/h.

La Figura 3.66 es un extracto del reporte de los parámetros hidráulicos de interés de estudio y ciertos parámetros mecánicos en función de la profundidad de la sección aplicada en la construcción de la presente sección, del análisis de la misma se obtienen los valores de los parámetros aplicados de galonaje, HSI y ROP.

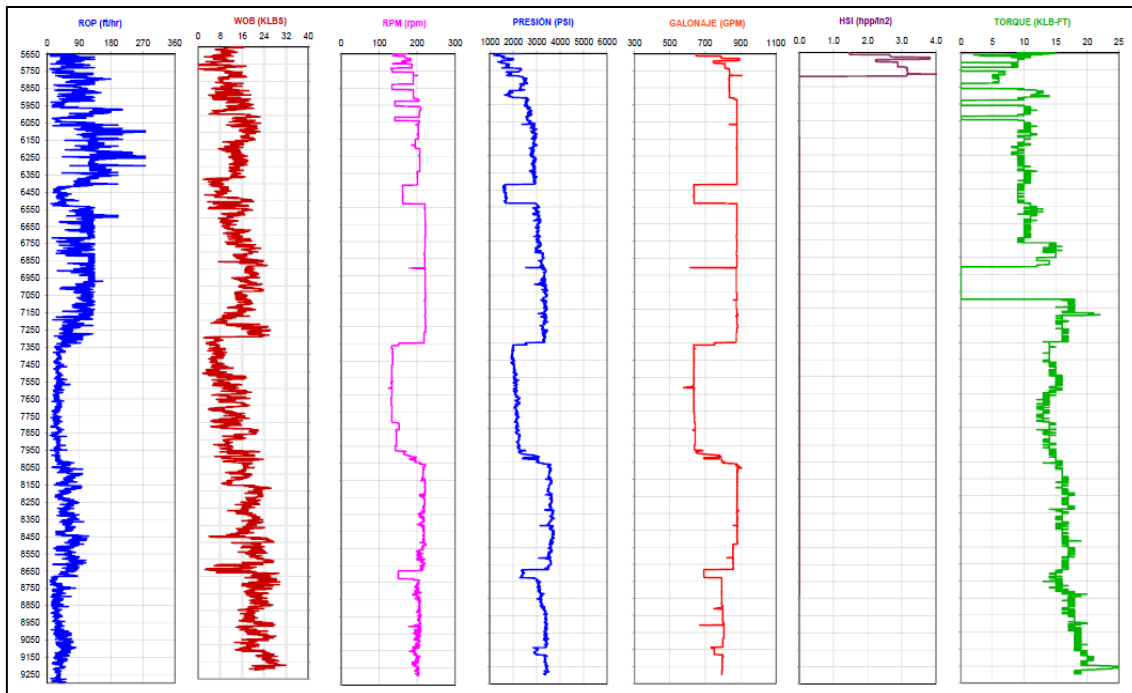


Figura 3.66. Parámetros hidráulicos SSFD 141D – Sección 12 ¼

Fuente: (ARCH, 2014)

3.2.17.3. Sección de 8 ½ ”

Esta sección fue perforada desde los 8966 pies TVD hasta los 9620 pies TVD, utilizando un lodo de perforación que fluctúa entre 8,9 lpg. y 9,1 lpg., con viscosidades comprendidas en un rango de 13 a 18 cp.

Se manejó un galonaje casi constante comprendido en el rango de 325 - 375 gpm., obteniendo un HSI de 0,6 – 1,1 HP/pulg.², constante, lo que representó una tasa de penetración (ROP) entre 30 – 110 ft/h.

La Figura 3.67, es un extracto del reporte de los parámetros hidráulicos de interés de estudio y ciertos parámetros mecánicos en función de la profundidad de la sección aplicada en la construcción de la presente sección, del análisis de la misma se obtienen los valores de los parámetros aplicados de galonaje, HSI y ROP.

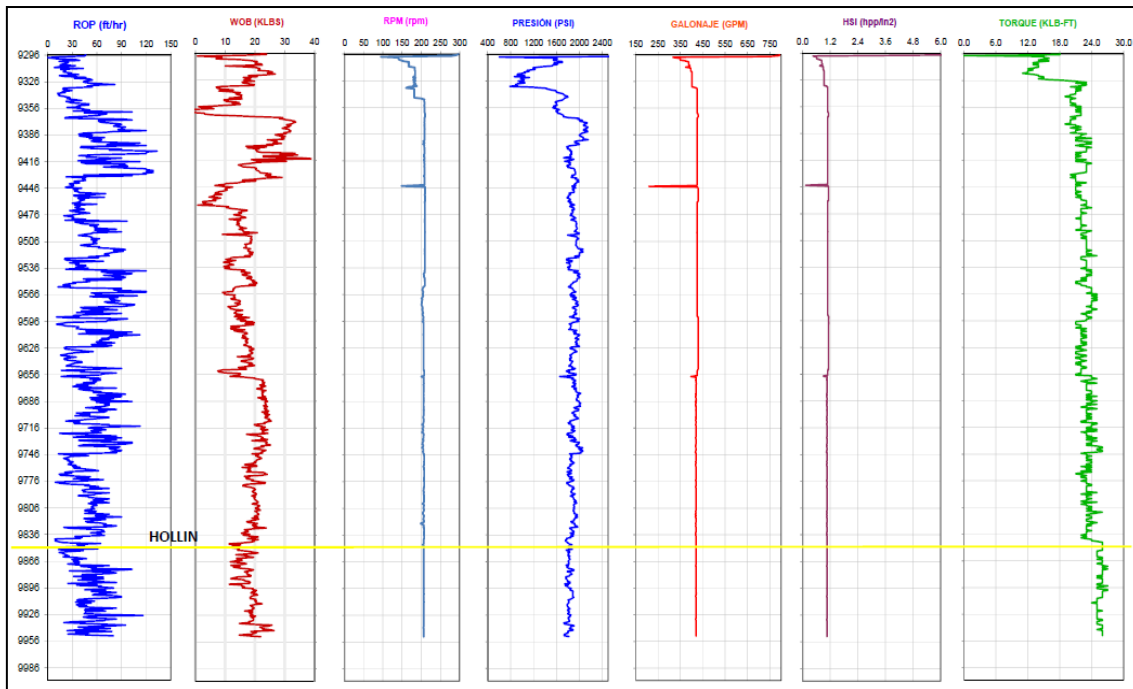


Figura 3.67. Parámetros hidráulicos SSFD 141D – Sección 8 ½

Fuente: (ARCH, 2014)

3.2.17.4. Resultados

La primera sección se completa en un tiempo de 7,21 días con 0,4 días de NPT se mantuvieron valores de galonaje y HSI variables en amplios rangos, empezando en valores muy bajos y alcanzando valores altos, dando resultados elevados de ROP.

La sección intermedia se completó en 5,54 días, con 0,44 días de NPT, se mantuvieron valores de galonaje altos con corta variación y con valores de HSI comprendidos en un rango mediano durante la construcción de la sección representando valores bajos de ROP con relación a otros pozos.

La sección de producción se perforó 6,21 días con 0,0 horas de NPT, con galonajes y HSI estables y aceptables para esta sección.

El análisis presenta los valores interpretados de los parámetros de hidráulica de perforación aplicados en la perforación del pozo resumidos en la Tabla 3.17.

Tabla 3.17. Parámetros hidráulicos aplicados pozo SSFD 141D

SSFD 141D	Sección 16 "		Sección 12,25"		Sección 8,5"	
	Min.	Máx.	Min.	Máx.	Min.	Máx.
Caudal secciones (gpm)	400	1050	600	900	325	375
Caudal promedio secciones (gpm)	725		750		350	
Caudal óptimo acumulado (gpm)	608,33					
HSI sección (HP/pulg ²)	0,2	3,1	1,5	3	0,6	1,1
HSI promedio sección (HP/pulg ²)	1,65		2,25		0,85	
HSI óptimo acumulado (HP/pulg²)	1,58					
MW (lpg)	8,8	10,6	9,7	10,6	8,9	9,1
MW promedio secciones (lpg)	9,7		10,15		9	
MW promedio (lpg)	9,61					
ROP (pie/seg)	90	220	40	135	30	110
ROP secciones (pie/seg)	155		87,5		70	
ROP promedio (pie/seg)	104,16					

3.2.18. Análisis del pozo SHUSHUFINDI 247 (SSFD 247D)

El pozo “SSFD 247D”, inició su perforación en el Campo Shushufindi el día 26 de Enero del 2014, fue operado por la empresa contratista Consorcio Shushufindi S.A, utilizando el Rig 117 de Tuscany. Fue planeado como un pozo productor construido como un pozo direccional tipo “S”, alcanzando una inclinación máxima de 26,12°.

Fue construido en cuatro secciones: agujero de 26” con casing conductor de 20”; agujero de 16” con casing de superficie de 13 3/8”; agujero de 12 1/4” con casing de producción de 9 5/8”, y la sección más profunda con agujero de 8 1/2” y liner de producción de 7”.

Su objetivo primario fue la arenisca “T” inferior y “U” inferior, sus objetivos secundarios fueron las arenas, “U” superior y “T” superior, alcanzando una profundidad de 9637pies TVD y 9890 pies MD en 22 días de operación.

3.2.18.1. Sección de 16”

Esta sección fue perforada desde los 279 pies TVD hasta los 5249 pies TVD, utilizando un lodo de perforación que fluctúa entre 9,6 lpg. y 10,6 lpg., con viscosidades comprendidas en un rango de 2 a 6 cp.

Se manejó un galonaje de 600 – 1100 gpm., obteniendo un HSI en el rango de 0,5 a 2,7 HP/pulg.², lo que representó una rata de penetración (ROP) entre 200 – 450 ft/h.

La Figura 3.68, es un extracto del reporte de los parámetros hidráulicos de interés de estudio y ciertos parámetros mecánicos en función de la profundidad de la sección aplicada en la construcción de la presente sección, del análisis de la misma se obtienen los valores de los parámetros aplicados de galonaje, HSI y ROP.

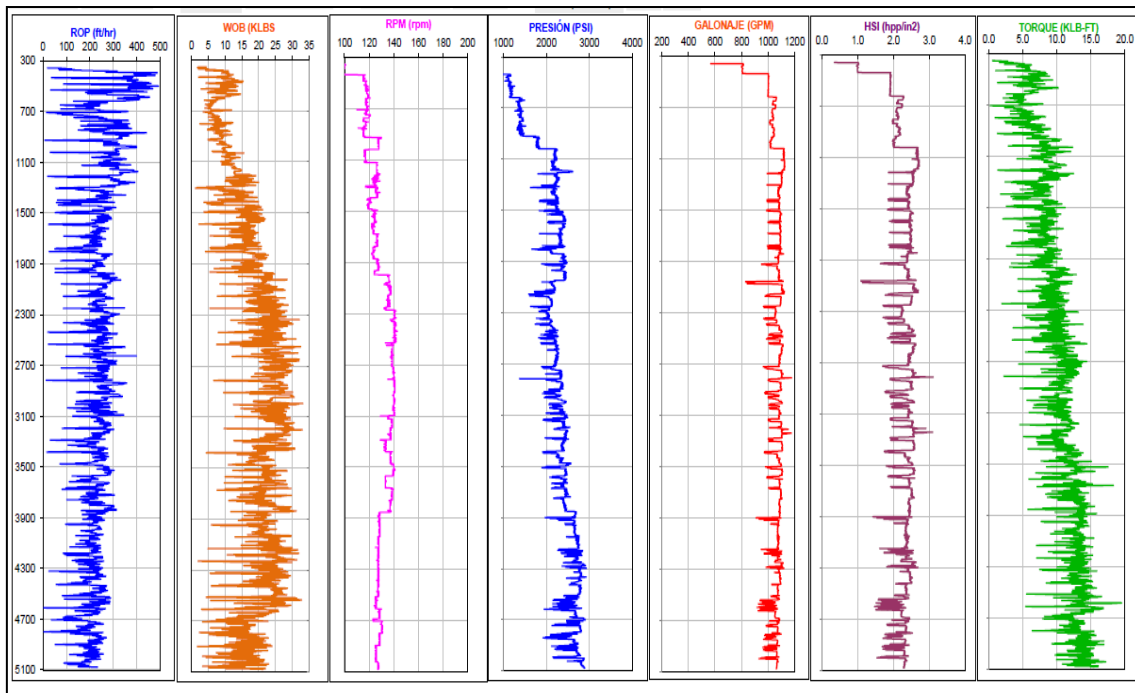


Figura 3.68. Parámetros hidráulicos SSFD 247D – Sección 16”

Fuente: (ARCH, 2014)

3.2.18.2. Sección de 12 ¼ ”

Esta sección fue perforada desde los 5249 pies TVD hasta los 9002 pies TVD, utilizando un lodo de perforación que fluctúa entre 8,9 lpg. y 10,6 lpg., con viscosidades comprendidas en un rango de 9 a 24 cp.

Se manejó un galonaje de 450 – 1000 gpm., obteniendo un HSI de 0,5 – 2,9 HP/pulg.², lo que representó una tasa de penetración (ROP) entre 80 – 200 ft/h.

La Figura 3.69, es un extracto del reporte de los parámetros hidráulicos de interés de estudio y ciertos parámetros mecánicos en función de la profundidad de la sección aplicada en la construcción de la presente sección, del análisis de la misma se obtienen los valores de los parámetros aplicados de galonaje, HSI y ROP.

Los rangos representados entre las líneas celestes entrecortadas horizontales no representan datos significativos de los parámetros de hidráulica de

perforación o de interés del presente estudio, puesto que representan lapsos de toma de control de parámetros como muestra claramente la grafica.

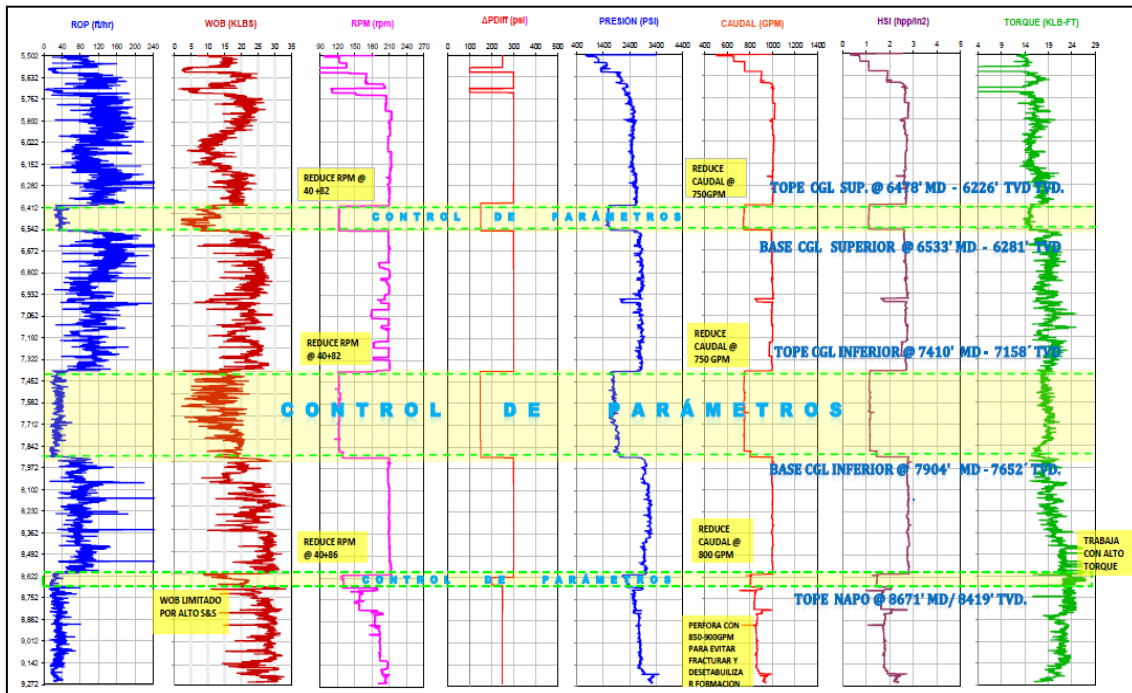


Figura 3.69. Parámetros hidráulicos SSFD 247D – Sección 12 ¼

Fuente: (ARCH, 2014)

3.2.18.3. Sección de 8 ½ ”

Esta sección fue perforada desde los 9002 pies TVD hasta los 9637 pies TVD, utilizando un lodo de perforación que fluctúa entre 9,8 lpg. y 10 lpg., con viscosidades comprendidas en un rango de 12 a 14 cp.

Se manejó un galonaje casi constante comprendido en el rango de 300 - 390 gpm., obteniendo un HSI de 0,5 – 1,0 HP/pulg.², constante, lo que representó una rata de penetración (ROP) entre 25 – 100 ft/h.

La Figura 3.70, es un extracto del reporte de los parámetros hidráulicos de interés de estudio y ciertos parámetros mecánicos en función de la profundidad de la sección aplicada en la construcción de la presente sección, del análisis de la misma se obtienen los valores de los parámetros aplicados de galonaje, HSI y ROP.

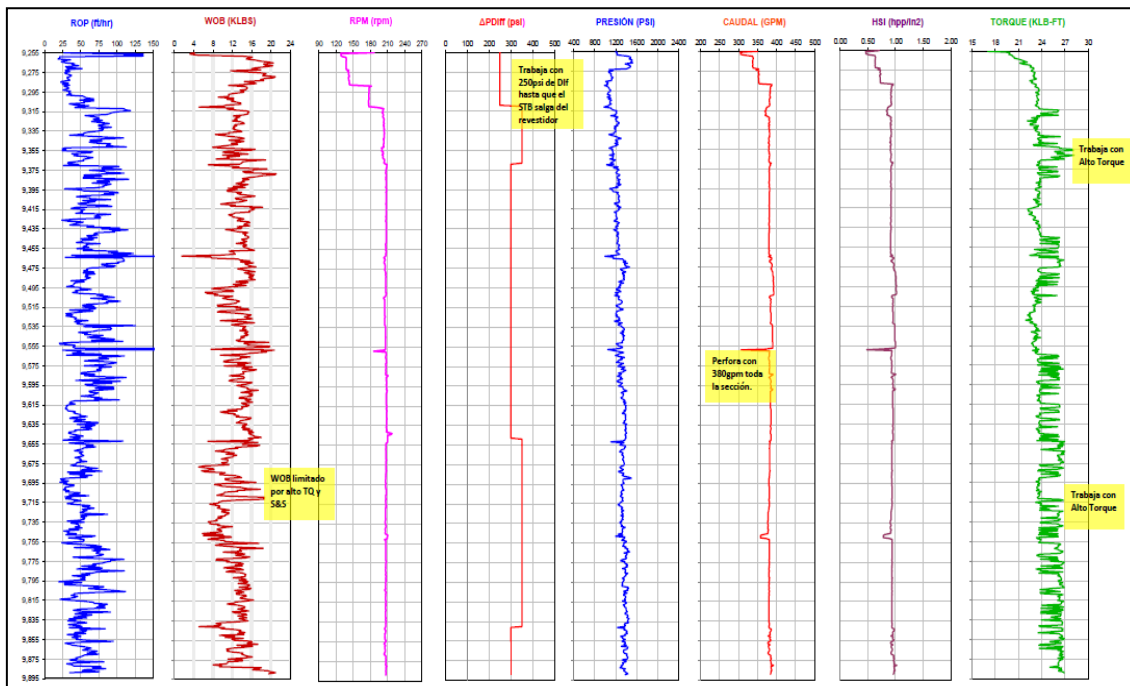


Figura 3.70. Parámetros hidráulicos SSFD 247D – Sección 8 ½

Fuente: (ARCH, 2014)

3.2.18.4. Resultados

La primera sección se completa en un tiempo de 7,6 días con 6 horas de NPT se mantuvieron valores de galonaje y HSI variables en amplios rangos, presentando valores de ROP aceptables.

La sección intermedia se completó en 7,7 días, con 5,5 horas de NPT, se mantuvieron valores de galonaje altos con variación en rangos considerablemente altos y con valores de HSI comprendidos en un rango amplio durante la construcción de la sección representando valores bajos de ROP con relación a otros pozos.

La sección de producción se perforó 3,4 días con 0,0 horas de NPT, lo que significa un tiempo muy corto de perforación, con valores de galonaje y HSI

casi estables presentando valores de ROP adecuados y acordes al tiempo de perforación de la sección.

El análisis presenta los valores interpretados de los parámetros de hidráulica de perforación aplicados en la perforación del pozo resumidos en la Tabla 3.18.

Tabla 3.18. Parámetros hidráulicos aplicados pozo SSFD 247D

SSFD 247D	Sección 16 "		Sección 12,25"		Sección 8,5"	
	Min.	Máx.	Min.	Máx.	Min.	Máx.
Caudal secciones (gpm)	600	1100	450	1000	300	390
Caudal promedio secciones (gpm)	850		725		345	
Caudal óptimo acumulado (gpm)	640					
HSI sección (HP/pulg ²)	0,5	2,7	0,5	2,9	0,5	1
HSI promedio sección (HP/pulg ²)	1,6		1,7		0,75	
HSI óptimo acumulado (HP/pulg²)	1,35					
MW (lpg)	9,6	10,6	8,9	10,6	9,8	10
MW promedio secciones (lpg)	10,1		9,75		9,9	
MW promedio (lpg)	9,91					
ROP (pie/seg)	200	450	80	200	25	100
ROP secciones (pie/seg)	325		140		62,5	
ROP promedio (pie/seg)	175,83					

3.2.19. Análisis del pozo SHUSHUFINDI 169D (SSFD 169D)

El pozo “SSFD 169D”, inició su perforación en el Campo Shushufindi el día 10 de Enero del 2014, fue operado por la empresa contratista Consorcio Shushufindi S.A, utilizando el Rig 15 de Hilong. Fue planeado como un pozo productor construido como un pozo direccional tipo “J”, alcanzando una inclinación máxima de 31,95°.

Fue construido en cuatro secciones: agujero de 26” con casing conductor de 20”; agujero de 16” con casing de superficie de 13 3/8”; agujero de 12 1/4” con casing de producción de 9 5/8”, y la sección más profunda con agujero de 8 1/2” y liner de producción de 7”.

Su objetivo primario fue la arenisca “T” inferior y “U” inferior, sus objetivos secundarios fueron las arenas, “U” superior y “T” superior, alcanzando una profundidad de 9766 pies TVD y 10970 pies MD en 21 días de operación.

3.2.19.1. Sección de 16”

Esta sección fue perforada desde los 227 pies TVD hasta los 5878 pies TVD, utilizando un lodo de perforación que fluctúa entre 9,0 lpg. y 11,0 lpg., con viscosidades comprendidas en un rango de 4 a 10 cp.

Se manejó un galonaje de 400 – 1200 gpm., obteniendo un HSI en el rango de 0,5 a 3,5 HP/pulg.², lo que representó una tasa de penetración (ROP) entre 75 – 500 ft/h.

La Figura 3.71, es un extracto del reporte de los parámetros hidráulicos de interés de estudio y ciertos parámetros mecánicos en función de la profundidad de la sección aplicada en la construcción de la presente sección, del análisis de la misma se obtienen los valores de los parámetros aplicados de galonaje, HSI y ROP.

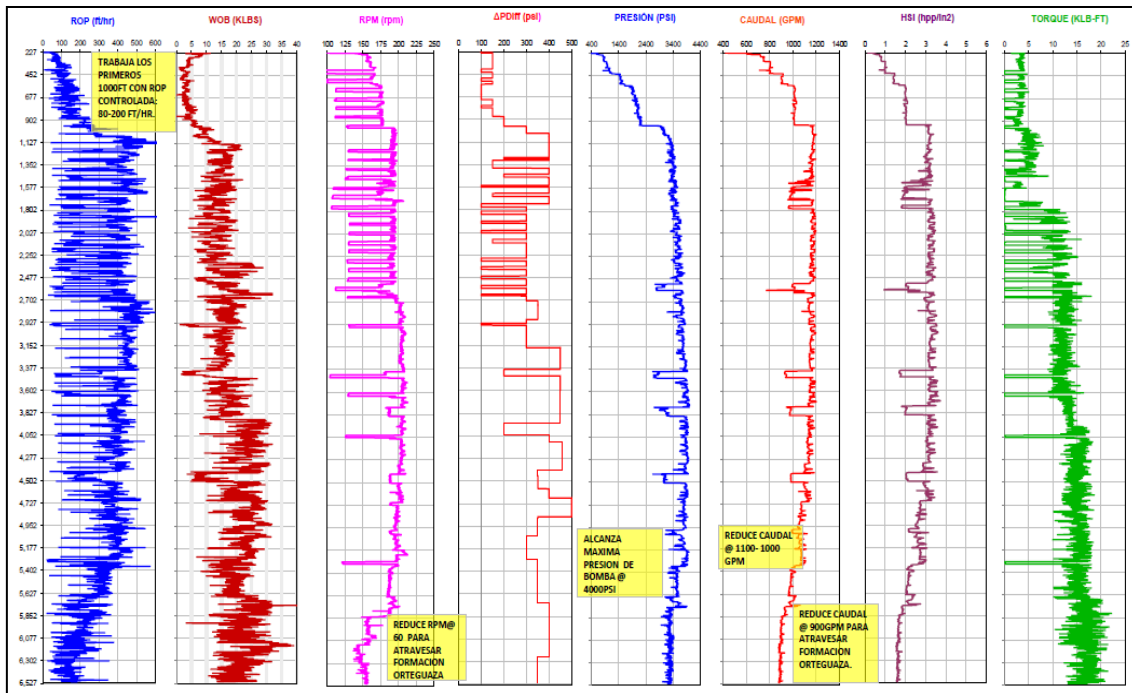


Figura 3.71. Parámetros hidráulicos SSFD 169D – Sección 16”

Fuente: (ARCH, 2014)

3.2.19.2. Sección de 12 ¼ ”

Esta sección fue perforada desde los 5878 pies TVD hasta los 9053 pies TVD, utilizando un lodo de perforación que fluctúa entre 10,3 lpg. y 11,5 lpg. con viscosidades comprendidas en un rango de 9 a 23 cp.

Se manejó un galonaje de 650 – 1100 gpm., obteniendo un HSI de 0,9 – 4,0 HP/pulg.², lo que representó una tasa de penetración (ROP) entre 100 – 250 ft/h.

La Figura 3.72, es un extracto del reporte de los parámetros hidráulicos de interés de estudio y ciertos parámetros mecánicos en función de la profundidad de la sección aplicada en la construcción de la presente sección, del análisis de la misma se obtienen los valores de los parámetros aplicados de galonaje, HSI y ROP.

Los rangos representados entre las líneas celestes entrecortadas horizontales no representan datos significativos de los parámetros de hidráulica de

perforación o de interés del presente estudio, puesto que representan lapsos de toma de control de parámetros como muestra claramente la gráfica.

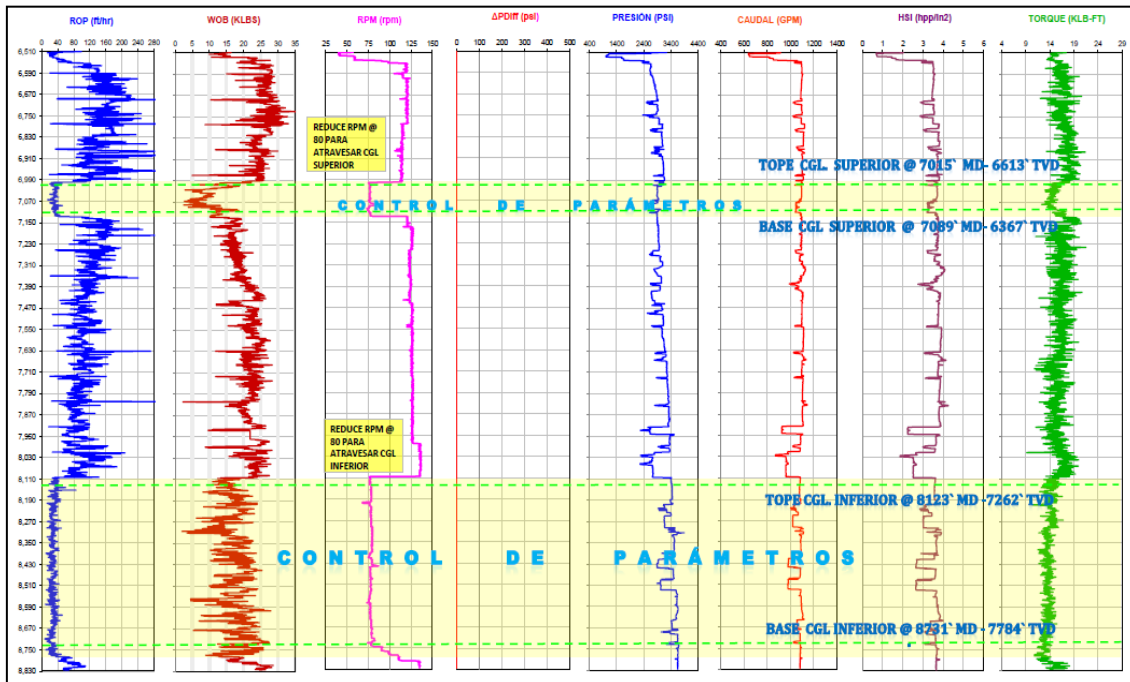


Figura 3.72. Parámetros hidráulicos SSFD 169D – Sección 12 ¼

Fuente: (ARCH, 2014)

3.2.19.3. Sección de 8 ½ ”

Esta sección fue perforada desde los 9053 pies TVD hasta los 9765 pies TVD, utilizando un lodo de perforación que fluctúa entre 9,4 lpg. y 10,4 lpg. con viscosidades comprendidas en un rango de 14 a 25 cp. Se manejó un galonaje casi constante comprendido en el rango de 800 - 810 gpm., obteniendo un HSI de 1,9 – 2,5 HP/pulg.², constante, lo que representó una tasa de penetración (ROP) entre 60 – 110 ft/h. La Figura 3.73, es un extracto del reporte de los parámetros hidráulicos de interés de estudio y ciertos parámetros mecánicos en función de la profundidad de la sección aplicada en la construcción de la presente sección, del análisis de la misma se obtienen los valores de los parámetros aplicados de galonaje, HSI y ROP.

Los rangos representados entre las líneas celestes entrecortadas horizontales no representan datos significativos de los parámetros de hidráulica de perforación o de interés del presente estudio, puesto que representan lapsos de toma de control de parámetros como muestra claramente la gráfica.

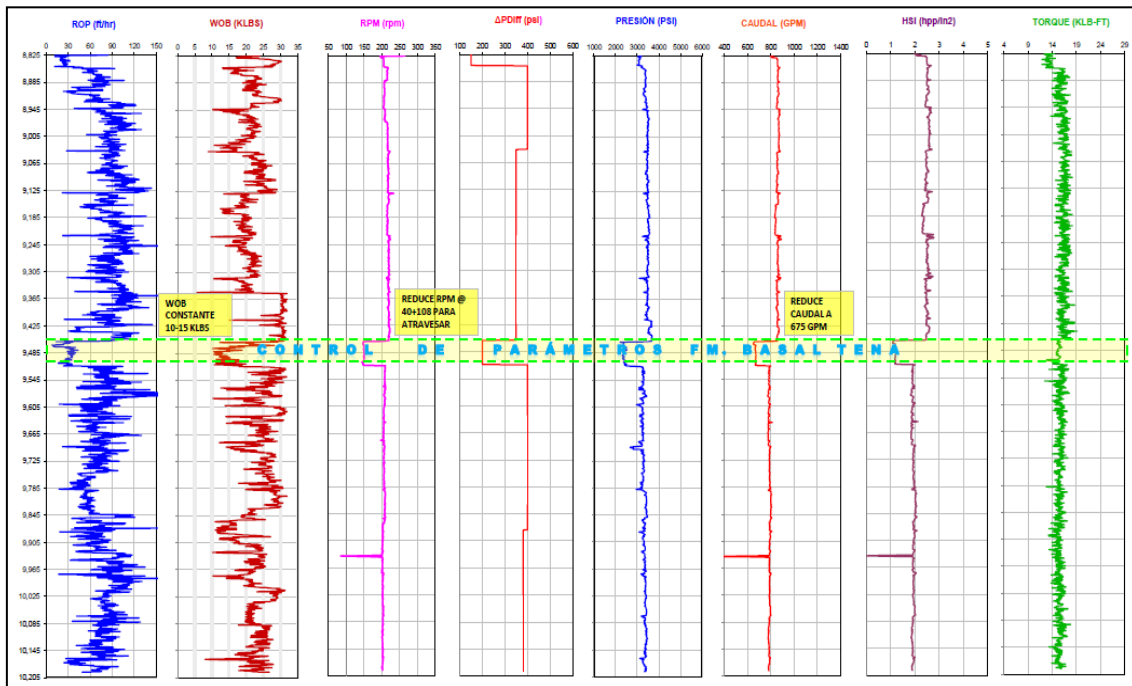


Figura 3.73. Parámetros hidráulicos SSFD 169D – Sección 8 ½

Fuente: (ARCH, 2014)

3.2.19.4. Resultados

La primera sección se completa en un tiempo de 5 días con 0 horas de NPT se mantuvieron valores de galonaje y HSI altos y variables en amplios rangos, presentando valores de ROP muy elevados en comparación con otros pozos.

La sección intermedia se completó en 10,81 días, con 4,5 horas de NPT, se mantuvieron valores de galonaje altos con variación en amplios rangos y con valores de HSI comprendidos en un rango bastante amplio, alcanzando valores muy elevados durante la construcción de la sección representando valores altos de ROP.

La sección de producción se perforó 5 días con 0,0 horas de NPT, lo que significa un tiempo muy corto de perforación, con valores de galonaje casi estables y valores de HSI relativamente altos para la sección, presentando valores de ROP elevados.

El análisis presenta los valores interpretados de los parámetros de hidráulica de perforación aplicados en la perforación del pozo resumidos en la Tabla 3.19.

Tabla 3.19. Parámetros hidráulicos aplicados pozo SSFD 169D

SSFD 169D	Sección 16 "		Sección 12,25"		Sección 8,5"	
	Min.	Máx.	Min.	Máx.	Min.	Máx.
Caudal secciones (gpm)	400	1200	650	1100	800	810
Caudal promedio secciones (gpm)	800		875		805	
Caudal óptimo acumulado (gpm)	826,66					
HSI sección (HP/pulg ²)	0,5	3,5	0,9	4	1,9	2,5
HSI promedio sección (HP/pulg ²)	2		2,45		2,2	
HSI óptimo acumulado (HP/pulg²)	2,21					
MW (lpg)	9	11	10,3	11,5	9,4	10,4
MW promedio secciones (lpg)	10		10,9		9,9	
MW promedio (lpg)	10,26					
ROP (pie/seg)	75	500	100	250	60	40
ROP secciones (pie/seg)	287,5		175		50	
ROP promedio (pie/seg)	170,83					

3.2.20. Análisis del pozo SHUSHUFINDI 250D (SSFD 250D)

El pozo “SSFD 250D”, inició su perforación en el Campo Shushufindi el día 06 de Marzo del 2014, fue operado por la empresa contratista Consorcio Shushufindi S.A, utilizando el Rig 117 de Tuscany. Fue planeado como un pozo productor construido como un pozo direccional tipo “S”, alcanzando una inclinación máxima de 19,65°.

Fue construido en cuatro secciones: agujero de 26” con casing conductor de 20”; agujero de 16” con casing de superficie de 13 3/8”; agujero de 12 1/4” con casing de producción de 9 5/8”, y la sección más profunda con agujero de 8 1/2” y liner de producción de 7”.

Su objetivo primario fue la arenisca “T” inferior y “U” inferior, sus objetivos secundarios fueron las arenas, “U” superior y “T” superior, alcanzando una profundidad de 9691pies TVD y 9910 pies MD en 18 días de operación.

3.2.20.1. Sección de 16”

Esta sección fue perforada desde los 301 pies TVD hasta los 5245 pies TVD, utilizando un lodo de perforación que fluctúa entre 9,3 lpg. y 10,6 lpg., con viscosidades comprendidas en un rango de 2 a 4 cp.

Se manejó un galonaje de 750 – 1100 gpm., obteniendo un HSI en el rango de 1,0 a 3,3 HP/pulg.², lo que representó una rata de penetración (ROP) entre 175 – 405 ft/h.

La figura 3.74, es un extracto del reporte de los parámetros hidráulicos de interés de estudio y ciertos parámetros mecánicos en función de la profundidad de la sección aplicados en la construcción de la presente sección , del análisis de la misma se obtienen los valores de los parámetros aplicados de galonaje, HSI y ROP.

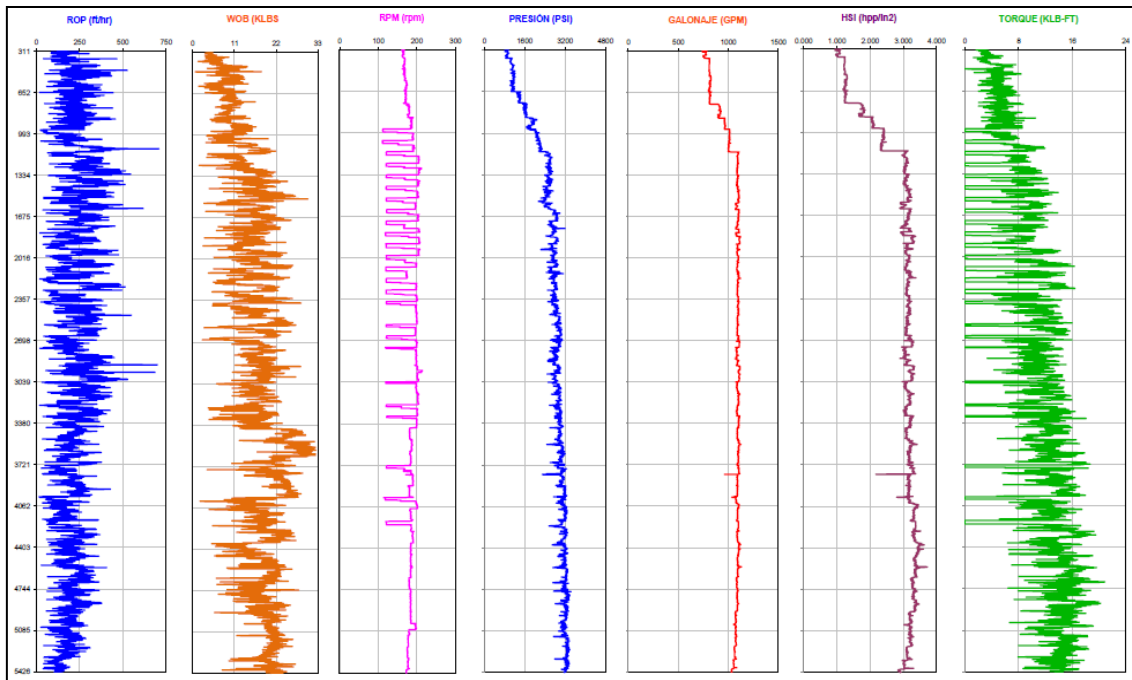


Figura 3.74. Parámetros hidráulicos SSFD 250D – Sección 16”

Fuente: (ARCH, 2014)

3.2.20.2. Sección de 12 ¼ ”

Esta sección fue perforada desde los 5245 pies TVD hasta los 9051 pies TVD, utilizando un lodo de perforación que fluctúa entre 9,8 lpg. y 10,6 lpg., con viscosidades comprendidas en un rango de 9 a 23 cp.

Se manejó un galonaje de 550 – 1000 gpm., obteniendo un HSI de 0,7 – 3,9 HP/pulg.², lo que representó una tasa de penetración (ROP) entre 50 – 205 ft/h.

La Figura 3.75 y 3.76 son un extracto del reporte de los parámetros hidráulicos de interés de estudio y ciertos parámetros mecánicos en función de la profundidad de la sección aplicada en la construcción de la presente sección, del análisis de la misma se obtienen los valores de los parámetros aplicados de galonaje, HSI y ROP.

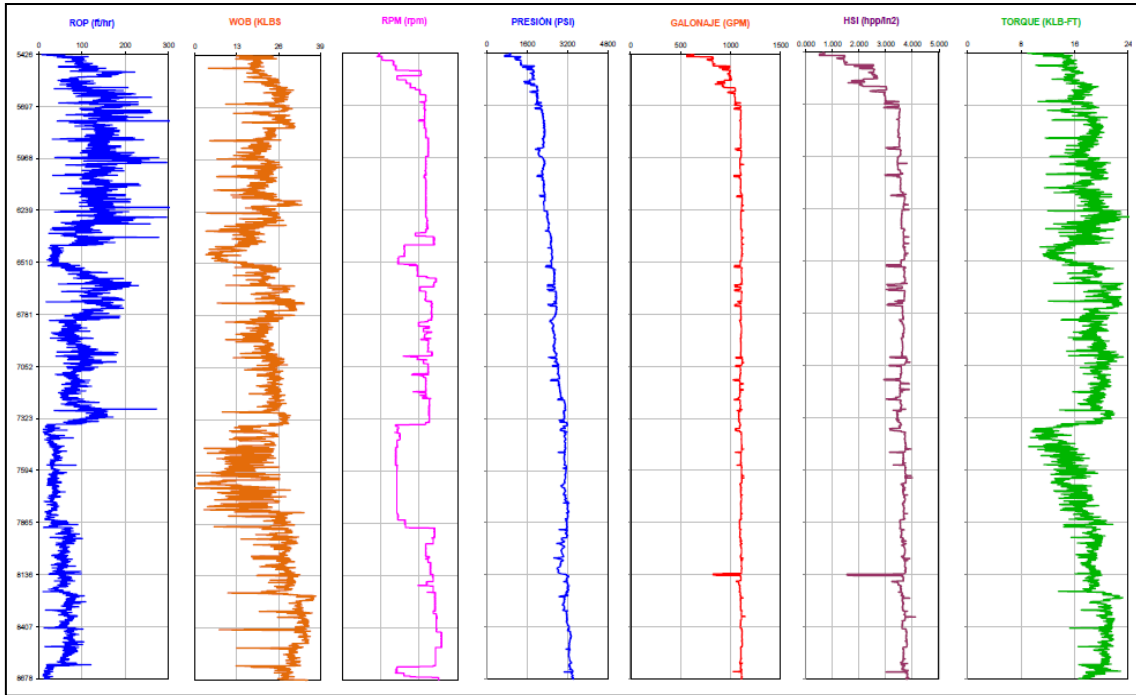


Figura 3.75. Parámetros hidráulicos SSFD 169D – Sección 12 ¼ (Parte I)

Fuente: (ARCH, 2014)

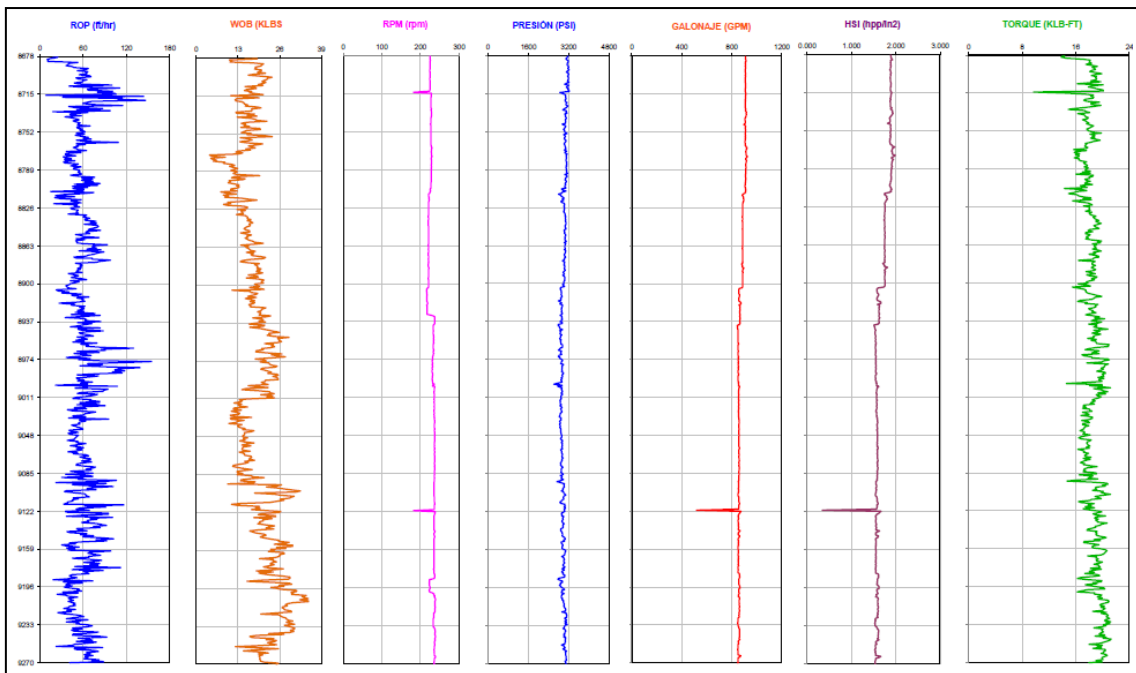


Figura 3.76. Parámetros hidráulicos SSFD 169D – Sección 12 ¼ (Parte II)

Fuente: (ARCH, 2014)

3.2.20.3. Sección de 8 ½ ”

Esta sección fue perforada desde los 9051 pies TVD hasta los 9691 pies TVD, utilizando un lodo de perforación que fluctúa entre 8,34 lpg. y 9,2 lpg., con viscosidades comprendidas en un rango de 12 a 14 cp.

Se manejó un galonaje casi constante comprendido en el rango de 350 - 395 gpm., obteniendo un HSI de 0,75 – 1,2 HP/pulg.², constante, lo que representó una rata de penetración (ROP) entre 50 – 200 ft/h.

La Figura 3.77, es un extracto del reporte de los parámetros hidráulicos de interés de estudio y ciertos parámetros mecánicos en función de la profundidad de la sección aplicada en la construcción de la presente sección, del análisis de la misma se obtienen los valores de los parámetros aplicados de galonaje, HSI y ROP.

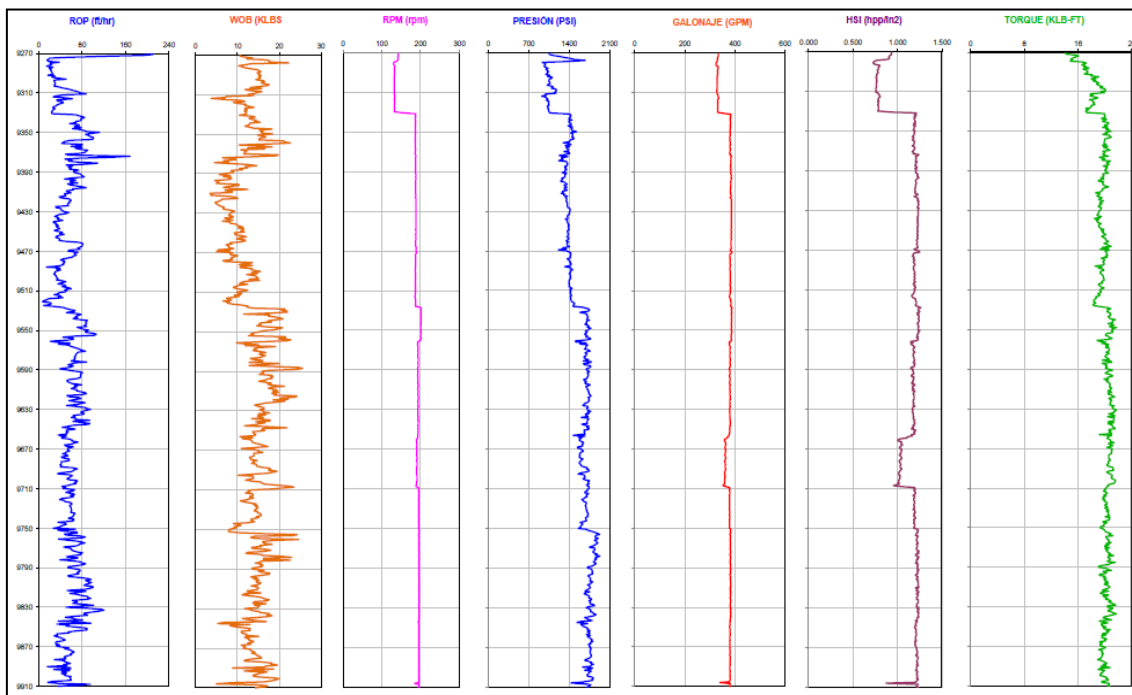


Figura 3.77. Parámetros hidráulicos SSFD 250D – Sección 8 ½

Fuente: (ARCH, 2014)

3.2.20.4. Resultados

La primera sección se completa en un tiempo de 5,77 días con 3 horas de NPT se mantuvieron valores de galonaje y HSI elevados variables en amplios rangos, presentando valores elevados de ROP.

La sección intermedia se completó en 8,21 días, con 0,5 horas de NPT, se mantuvieron valores de galonaje altos con variación en rangos considerablemente altos y con valores de HSI comprendidos en un rango amplio durante la construcción de la sección representando valores elevados de ROP. La sección de producción se perforó 3,4 días con 0,0 horas de NPT, lo que significa un tiempo muy corto de perforación, con valores de galonaje y HSI casi óptimos, estables presentando valores de ROP, lo cual se representa en el corto tiempo de perforación de esta sección así como la de las anteriores, siendo el pozo perforado en el menor tiempo de toda la muestra analizada.

El análisis presenta los valores interpretados de los parámetros de hidráulica de perforación aplicados en la perforación del pozo resumidos en la Tabla 3.20.

Tabla 3.20. Parámetros hidráulicos aplicados pozo SSFD 250D (Parte I)

SSFD 205D	Sección 16 "		Sección 12,25"		Sección 8,5"	
	Min.	Máx.	Min.	Máx.	Min.	Máx.
Caudal secciones (gpm)	750	1100	550	1000	350	395
Caudal promedio secciones (gpm)	925		775		372,5	
Caudal óptimo acumulado (gpm)	690,83					
HSI sección (HP/pulg ²)	1	3,3	0,7	3,9	0,75	1,2
HSI promedio sección (HP/pulg ²)	2,15		2,3		0,975	
HSI óptimo acumulado (HP/pulg²)	1,80					

Tabla 3.20. Parámetros hidráulicos aplicados pozo SSFD 250D (Parte II)

MW (lpg)	9,3	10,6	9,8	10,6	8,34	9,2
MW promedio secciones (lpg)	9,95		10,2		8,77	
MW promedio (lpg)	9,64					
ROP (pie/seg)	175	405	50	200	30	80
ROP secciones (pie/seg)	290		125		55	
ROP promedio (pie/seg)	156,66					

3.3. RESULTADOS GENERALES DE LOS PARÁMETROS DE HIDRÁULICA DE PERFORACIÓN APLICADOS

Luego de realizar el análisis detallado de los parámetros de hidráulica de perforación, de cada sección y de cada pozo perforado en el Campo Shushufindi – Aguarico a partir del año 2012.

Se debe mencionar que los tiempos de perforación en los pozos estudiados son cortos en relación a otros campos, por lo que se puede deducir que los parámetros hidráulicos, mecánicos y operativos son muy eficientes, y pueden ser tomados como referencia para la aplicación en otros campos con similares características al Campo Shushufindi-Aguarico.

Se establece finalmente, una matriz general que muestra los valores promedio de cada parámetro aplicado en los veinte pozos analizados en el presente estudio, representados en la Tabla 3.21.

Tabla 3.21. Parámetros hidráulicos aplicados en el Campo Shushufindi – Aguarico

PARÁMETROS APLICADOS EN CAMPO SHUSHUFINDI AGUARICO	Sección 16 "		Sección 12,25"		Sección 8,5"	
	Min.	Máx.	Min.	Máx.	Min.	Máx.
Caudal secciones (gpm)	541,5	1054,5	667,5	959	421,1	487
Caudal promedio secciones (gpm)	798		813,25		454,05	
Caudal óptimo acumulado (gpm)	688,43					
HSI sección (HP/pulg ²)	0,7645	3,056	1,36	3,3575	1,1075	1,505
HSI promedio sección (HP/pulg ²)	1,91025		2,35875		1,30625	
HSI óptimo acumulado (HP/pulg²)	1,85					
MW (lpg)	8,9	10,615	9,835	10,99	8,932	9,73
MW promedio secciones (lpg)	9,7575		10,4125		9,331	
MW promedio (lpg)	9,83					
ROP (pie/seg)	85,5	311,5	61,25	227,25	46,5	114,75
ROP secciones (pie/seg)	198,5		144,25		80,625	
ROP promedio (pie/seg)	141,12					
TIEMPO DE PERFORACIÓN PROMEDIO POR POZO (días)	28,1					

CAPÍTULO IV

4. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Una vez se han establecido los parámetros hidráulicos aplicados en la perforación de los pozos estudiados, es necesario comparar sus resultados con los parámetros obtenidos en base a una secuencia de cálculo, misma que, establece el diseño del programa hidráulico, que para la operación de perforación representan valores teóricos referenciales.

Se realizó el diseño del programa hidráulico para cada pozo, siguiendo la secuencia de cálculo mencionada en el Capítulo II, dando como resultado los parámetros teóricos referenciales que pudieron haber sido aplicados en la perforación de los pozos estudiados y que pueden servir de referencia para la perforación de nuevos pozos cercanos a los pozos perforados.

4.1. DISEÑO DEL PROGRAMA DE PARÁMETROS DE HIDRÁULICA DE PERFORACIÓN

Se presenta a continuación el diseño de la hidráulica de perforación para el pozo AGUARICO 25D, tomado aleatoriamente como ejemplo del diseño realizado para cada pozo en el presente estudio.

4.1.1. PARÁMETROS DE HIDRÁULICA CALCULADOS PARA EL POZO AGUARICO 25D (EJEMPLO DE CÁLCULO)

- **Datos del pozo**

Fueron obtenidos en base al análisis del reporte final de perforación del pozo, del mismo que se obtienen valores de la profundidad y diámetro de las secciones, propiedades del fluido a utilizar, características del diseño y diámetro de la broca además de los datos mecánicos del taladro de perforación.

Se presentan los datos necesarios para el cálculo en la Tabla 4.1.

Tabla 4.1. Datos del Pozo Aguarico 25D

DATOS AGR 25D	Sección 16 "		Sección 12,25"		Sección 8,5"	
	Min.	Máx.	Min.	Máx.	Min.	Máx.
Profundidad (pies)	217	5349	5349	9027	9027	9677
Viscosidad Fluido (cP)	4	11	7	21	12	20
Densidad Fluido (lpg)	8,7	10,7	9,7	10,8	8,8	9,2
Diámetro broca (pulg)	16		12,25		8,5	
Diámetro Drill Pipe (pulg)	5,5		5,5		5,5	
Número de boquillas broca	8		7		6	
Presión máxima superficie (psi)	800					

4.1.1.1. PARÁMETROS DEL SISTEMA DE CIRCULACIÓN SUPERFICIAL

a) **Caudal Inicial (Qi):** utilizando la Ecuación 2.3 se realiza el cálculo del caudal inicial de cada sección utilizando los datos de la Tabla 4.1.

- **Sección de 16"**

$$Q_i = 40 * D_b$$

$$Q_i = 40 * 16 \text{ pulg.}$$

$$Q_i = 640 \text{ gal/min}$$

- **Sección de 12 ¼"**

$$Q_i = 40 * 12.25 \text{ pulg}$$

$$Q_i = 490 \text{ gal/min}$$

- **Sección de 8 ½**

$$Q_i = 40 * 8.5 \text{ pulg}$$

$$Q_i = 340 \text{ gal/min}$$

b) Velocidad Anular (Va): utilizando la Ecuación 2.4 se realiza el cálculo del caudal inicial de cada sección utilizando los datos de la Tabla 4.1 y el valor de caudal inicial calculado anteriormente.

- **Sección de 16"**

$$Va = \frac{24.48 * Q}{D_2^2 - D_1^2}$$

$$Va = \frac{24.48 * 640 \text{ gal/min}}{16 \text{ pulg}^2 - 5.5 \text{ pulg}^2}$$

$$Va = 69,40 \text{ pies/min}$$

- **Sección de 12 ¼**

$$Va = \frac{24.48 * Q}{D_2^2 - D_1^2}$$

$$Va = \frac{24.48 * 490 \text{ gal/min}}{12.25 \text{ pulg}^2 - 5.5 \text{ pulg}^2}$$

$$Va = 100,11 \text{ pies/min}$$

- **Sección de 8 ½**

$$Va = \frac{24.48 * Q}{D_2^2 - D_1^2}$$

$$Va = \frac{24.48 * 490 \text{ gal/min}}{8.5 \text{ pulg}^2 - 5.5 \text{ pulg}^2}$$

$$Va = 198,17 \text{ pies/min}$$

c) Número de Reynolds (Re): Utilizando la Ecuación 2.5 se realiza el cálculo del número de Reynolds de cada sección utilizando los resultados del cálculo realizado previamente y los valores necesarios de la Tabla 4.1.

En las ecuaciones anteriores únicamente interviene el diámetro de cada sección, el cual se mantiene constante; en la Ecuación 2.5, intervienen parámetros variables de viscosidad y densidad del fluido, por lo que es necesario realizar el cálculo de los valores mínimos y máximos para cada sección partiendo de este punto en adelante.

- Sección de 16”

Valor mínimo:

$$Re = \frac{15.46 * (Dh - DE) * Va * \rho}{\mu}$$

$$Re = \frac{15.46 * (16 \text{ pulg} - 5,5 \text{ pulg}) * 69,40 \frac{\text{pies}}{\text{min}} * 8,7 \text{ lpg}}{4 \text{ cP}}$$

$$Re = 24\,505,11$$

Valor máximo:

$$Re = \frac{15.46 * (16 \text{ pulg} - 5,5) * 69,40 \frac{\text{pies}}{\text{min}} * 10,7 \text{ lpg}}{11 \text{ cP}}$$

$$Re = 10\,958,56$$

- Sección de 12 ¼ ”

Valor mínimo:

$$Re = \frac{15.46 * (Dh - DE) * Va * \rho}{\mu}$$

$$Re = \frac{15.46 * (12,25 \text{ pulg} - 5,5 \text{ pulg}) * 100,11 \frac{\text{pies}}{\text{min}} * 9,7 \text{ lpg}}{7 \text{ cP}}$$

$$Re = 14\,477,45$$

Valor máximo:

$$Re = \frac{15,46 * (16 \text{ pulg} - 5,5) * 100,11 \frac{\text{pies}}{\text{min}} * 10,8 \text{ lpg}}{21 \text{ cP}}$$

$$Re = 5\,673,07$$

- **Sección de 8 ½ ”**

Valor mínimo:

$$Re = \frac{15,46 * (Dh - DE) * Va * \rho}{\mu}$$

$$Re = \frac{15,46 * (8,5 \text{ pulg} - 5,5 \text{ pulg}) * 198,17 \frac{\text{pies}}{\text{min}} * 8,8 \text{ lpg}}{12 \text{ cP}}$$

$$Re = 6\,740,20$$

Valor máximo:

$$Re = \frac{15,46 * (16 \text{ pulg} - 5,5) * 198,17 \frac{\text{pies}}{\text{min}} * 9,2 \text{ lpg}}{20 \text{ cP}}$$

$$Re = 4\,227,94$$

d) Factor de Fricción: Utilizando la Ecuación 2.6 se realiza el cálculo del factor de fricción mínimo y máximo para cada sección utilizando el resultado del número de Reynolds calculado anteriormente.

- **Sección de 16”**

Valor mínimo:

$$f = 0,316/Re$$

$$f = 0,316/24\,505,11$$

$$f = 1,289 \times 10^{-5}$$

Valor máximo:

$$f = 0.316/10\,958,56$$

$$f = 2,883 \times 10^{-5}$$

- **Sección de 12 ¼”**

Valor mínimo:

$$f = 0.316/Re$$

$$f = 0.316/14\,477,45$$

$$f = 2,182 \times 10^{-5}$$

Valor máximo:

$$f = 0.316/5\,673,07$$

$$f = 5,881 \times 10^{-5}$$

- **Sección de 8 ½ ”**

Valor mínimo:

$$f = 0.316/Re$$

$$f = 0.316/6\,740,20$$

$$f = 4,688 \times 10^{-5}$$

Valor máximo:

$$f = 0.316/4\,227,94$$

$$f = 7,747 \times 10^{-5}$$

e) **Pérdidas de Presión (ΔP_t):** Utilizando la Ecuación 2.7 se realiza el cálculo de las pérdidas de presión para cada sección utilizando el resultado del factor de fricción calculado anteriormente y las profundidades mínimas y máximas de cada sección que constan en la Tabla 4.1.

- **Sección de 16"**

Valor mínimo:

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

$$\Delta P = \frac{2,883 \times 10^{-5} * (69,40 \text{ pies/min})^2 * 8,7 \text{ lpg} * 217 \text{ pies}}{25.8 * (16 \text{ pulg} - 5,5 \text{ pulg})}$$

$$\Delta P = 0,432 \text{ psi}$$

Valor máximo:

$$\Delta P = \frac{1,289 \times 10^{-5} * (69,40 \text{ pies/min})^2 * 10,7 \text{ lpg} * 5\,349 \text{ pies}}{25.8 * (16 \text{ pulg} - 5,5 \text{ pulg})}$$

$$\Delta P = 29,343 \text{ psi}$$

- **Sección de 12 ¼ "**

Valor mínimo:

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

$$\Delta P = \frac{2,182 \times 10^{-5} * (100,11 \text{ pies/min})^2 * 9,7 \text{ lpg} * 5\,349 \text{ pies}}{25.8 * (12,25 \text{ pulg} - 5,5 \text{ pulg})}$$

$$\Delta P = 65,182 \text{ psi}$$

Valor máximo:

$$\Delta P = \frac{5,881 \times 10^{-5} * (100,11 \text{ pies/min})^2 * 10,8 \text{ lpg} * 9\ 027 \text{ pies}}{25.8 * (12,25 \text{ pulg} - 5,5 \text{ pulg})}$$

$$\Delta P = 330,003 \text{ psi}$$

- **Sección de 8 ½ ”**

Valor mínimo:

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

$$\Delta P = \frac{4,688 \times 10^{-5} * (198,17 \text{ pies/min})^2 * 8,8 \text{ lpg} * 9\ 027 \text{ pies}}{25.8 * (8,5 \text{ pulg} - 5,5 \text{ pulg})}$$

$$\Delta P = 1\ 889,648 \text{ psi}$$

Valor máximo:

$$\Delta P = \frac{7,747 \times 10^{-5} * (198,17 \text{ pies/min})^2 * 9,2 \text{ lpg} * 9\ 677 \text{ pies}}{25.8 * (12,25 \text{ pulg} - 5,5 \text{ pulg})}$$

$$\Delta P = 3\ 376,192 \text{ psi}$$

- f) **Presión en la broca (Pbr):** Utilizando la Ecuación 2.8 se realiza el cálculo de la presión en la broca para cada sección utilizando el resultado anterior de las pérdidas de presión y el dato de la presión máxima disponible en superficie, que es dependiente de la potencia mecánica del taladro de perforación.

A medida que la profundidad aumenta y con ella las pérdidas de presión, es necesario incrementar la presión disponible en superficie, la cual debe ser provista por el taladro de perforación, es por esto que, en la sección de 8 ½” se utilizan un valor de presión disponible en superficie más elevado, de preferencia mucho mayor al necesario.

- **Sección de 16”**

Valor mínimo:

$$P_{br} = P_{smax} - \Delta P$$

$$P_{br} = 800 \text{ psi} - 0,432$$

$$P_{br} = 799,56 \text{ psi}$$

Valor máximo:

$$P_{br} = 800 \text{ psi} - 29,34 \text{ psi}$$

$$P_{br} = 770,65 \text{ psi}$$

- **Sección de 12 ¼”**

Valor mínimo:

$$P_{br} = P_{smax} - \Delta P$$

$$P_{br} = 800 \text{ psi} - 65,18 \text{ psi}$$

$$P_{br} = 734,81 \text{ psi}$$

Valor máximo:

$$P_{br} = 800 \text{ psi} - 330,00 \text{ psi}$$

$$P_{br} = 469,99 \text{ psi}$$

- **Sección de 8 ½"**

Valor mínimo:

$$P_{br} = P_{smax} - \Delta P$$

$$P_{br} = 3000 \text{ psi} - 1889,64 \text{ psi}$$

$$P_{br} = 1089,64 \text{ psi}$$

Valor máximo:

$$P_{br} = 6000 \text{ psi} - 3376,19 \text{ psi}$$

$$P_{br} = 2776,19 \text{ psi}$$

g) Caudal Óptimo (Q opt): Utilizando la Ecuación 2.9 y en base a las variables calculadas anteriormente se realiza el cálculo del caudal óptimo para cada sección, valor que representa el mínimo caudal necesario que se debe bombear durante la operación de perforación.

- **Sección de 16"**

Valor mínimo:

$$Q_{opt} = \left(\frac{\Delta P}{P_{smax}} \right)^{\frac{1}{1.175}} * Q_i$$

$$Q_{opt} = \left(\frac{0,432 \text{ psi}}{800 \text{ psi}} \right)^{\frac{1}{1.175}} * 640 \text{ gal/min}$$

$$Q_{opt} = 1,061 \text{ gal/min}$$

Valor máximo:

$$Q_{opt} = \left(\frac{\Delta P}{P_{smax}} \right)^{\frac{1}{1.175}} * Q_i$$

$$Q_{opt} = \left(\frac{29,34 \text{ psi}}{800 \text{ psi}} \right)^{\frac{1}{1.175}} * 640 \text{ gal/min}$$

$$Q_{opt} = 38,40 \text{ gal/min}$$

- **Sección de 12 ¼"**

Valor mínimo:

$$Q_{opt} = \left(\frac{\Delta P}{P_{smax}} \right)^{\frac{1}{1.175}} * Q_i$$

$$Q_{opt} = \left(\frac{65,18 \text{ psi}}{800 \text{ psi}} \right)^{\frac{1}{1.175}} * 490 \text{ gal/min}$$

$$Q_{opt} = 57,99 \text{ gal/min}$$

Valor máximo:

$$Q_{opt} = \left(\frac{\Delta P}{P_{smax}} \right)^{\frac{1}{1.175}} * Q_i$$

$$Q_{opt} = \left(\frac{330 \text{ psi}}{800 \text{ psi}} \right)^{\frac{1}{1.175}} * 490 \text{ gal/min}$$

$$Q_{opt} = 230,62 \text{ gal/min}$$

- **Sección de 8 ½"**

Valor mínimo:

$$Q_{opt} = \left(\frac{\Delta P}{P_{smax}} \right)^{\frac{1}{1.175}} * Q_i$$

$$Q_{opt} = \left(\frac{1889,64 \text{ psi}}{800 \text{ psi}} \right)^{\frac{1}{1.175}} * 340 \text{ gal/min}$$

$$Q_{opt} = 706,59 \text{ gal/min}$$

Valor máximo:

$$Q_{opt} = \left(\frac{\Delta P}{P_{smax}} \right)^{\frac{1}{1.175}} * Q_i$$

$$Q_{opt} = \left(\frac{3376,19 \text{ psi}}{800 \text{ psi}} \right)^{\frac{1}{1.175}} * 490 \text{ gal/min}$$

$$Q_{opt} = 1157,92 \text{ gal/min}$$

Una vez obtenidos los valores de caudal óptimo mínimo y máximo para cada sección se establece un valor promedio de cada sección y un valor promedio para todo el pozo de la siguiente manera:

- **Sección de 16"**

$$Q_{opt} (\text{secciones}) = \frac{Q_{opt} (\text{mínimo}) + Q_{opt} (\text{máximo})}{2}$$

$$Q_{opt} (\text{secciones}) = \frac{1,061 \text{ gal/min} + 38,40 \text{ gal/min}}{2}$$

$$Q_{opt} (\text{secciones}) = 19,73 \text{ gal/min}$$

- **Sección de 12 ¼"**

$$Q_{opt} (secciones) = \frac{Q_{opt} (mínimo) + Q_{opt} (máximo)}{2}$$

$$Q_{opt} (secciones) = \frac{57,99 \text{ gal/min} + 230,62 \text{ gal/min}}{2}$$

$$Q_{opt} (secciones) = 144,31 \text{ gal/min}$$

- **Sección de 8 ½"**

$$Q_{opt} (secciones) = \frac{Q_{opt} (mínimo) + Q_{opt} (máximo)}{2}$$

$$Q_{opt} (secciones) = \frac{706,59 \text{ gal/min} + 1157,92 \text{ gal/min}}{2}$$

$$Q_{opt} (secciones) = 932,26 \text{ gal/min}$$

Con los valores promedio de caudal óptimo de cada sección, se establece un promedio general para obtener un valor único de caudal óptimo de cada pozo con el objetivo de facilitar el análisis en comparación a los valores de los parámetros obtenidos en el Capítulo III.

- **Caudal óptimo del Pozo AGR 25D**

$$Q_{opt} (pozo) = \frac{Q_{opt} (sección 16") + Q_{opt} (sección 12,25) + Q_{opt} (sección 8,5)}{3}$$

$$Q_{opt} (pozo) = \frac{19,73 \text{ gal/min} + 144,31 \text{ gal/min} + 932,26 \text{ gal/min}}{3}$$

$$Q_{opt} (pozo) = 579,49 \text{ gal/min}$$

4.1.1.2. PARÁMETROS HIDRÁULICOS EN LA BROCA DE PERFORACIÓN

h) **Área óptima de flujo en los jets de la broca (Aj):** Utilizando la Ecuación 2.10 se calcula el área óptima de flujo mínima y máxima que deben tener en conjunto los jets de la broca que atraviesa cada sección, adicionalmente se utilizan los datos de diseño de la broca descritos en la Tabla 4.1. y los valores de las variables calculadas anteriormente.

- **Sección de 16"**

Valor mínimo:

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

$$A_j = \sqrt{\frac{8,7 \text{ lpg} * (1,06 \text{ gal/min})^2}{10835.75 * 799,56 \text{ psi}}}$$

$$A_j = 0,58 \text{ pulg}^2$$

Valor máximo:

$$A_j = \sqrt{\frac{10,7 \text{ lpg} * (38,40 \text{ gal/min})^2}{10835.75 * 770,65 \text{ psi}}}$$

$$A_j = 0,64 \text{ pulg}^2$$

- **Sección de 12 ¼"**

Valor mínimo:

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

$$A_j = \sqrt{\frac{9,7 \text{ lpg} * (57,99 \text{ gal/min})^2}{10835.75 * 734,81 \text{ psi}}}$$

$$A_j = 0,63 \text{ pulg}^2$$

Valor máximo:

$$A_j = \sqrt{\frac{10,8 \text{ lpg} * (230,62 \text{ gal/min})^2}{10835.75 * 469,9 \text{ psi}}}$$

$$A_j = 0,84 \text{ pulg}^2$$

- **Sección de 8 ½"**

Valor mínimo:

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

$$A_j = \sqrt{\frac{8,8 \text{ lpg} * (706,59 \text{ gal/min})^2}{10835.75 * 1089,54 \text{ psi}}}$$

$$A_j = 0,81 \text{ pulg}^2$$

Valor máximo:

$$A_j = \sqrt{\frac{9,2 \text{ lpg} * (1157,92 \text{ gal/min})^2}{10835,75 * 2576,19 \text{ psi}}}$$

$$A_j = 1,33 \text{ pulg}^2$$

- i) **Diámetro de las boquillas (Dt):** Utilizando la Ecuación 2.11 se calcula diámetro que deben tener las boquillas o jets de la broca que atraviesa cada sección, adicionalmente se utilizan los datos de diseño de la broca descritos en la Tabla 4.1. y los valores de las variables calculadas anteriormente.

- **Sección de 16"**

Valor mínimo:

$$Dt = 32 \sqrt{\frac{A_j}{0,7854 * N}}$$

$$Dt = 32 \sqrt{\frac{0,58 \text{ pulg}^2}{0,7854 * 8}}$$

$$Dt = \frac{9,78}{32} \text{ pulg}$$

Valor máximo:

$$Dt = 32 \sqrt{\frac{0,64 \text{ pulg}^2}{0,7854 * 8}}$$

$$Dt = \frac{10,24}{32} \text{ pulg}$$

- **Sección de 12 ¼"**

Valor mínimo:

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

$$Dt = 32 \sqrt{\frac{0,63 \text{ pulg}^2}{0.7854 * 7}}$$

$$Dt = \frac{10,91}{32} \text{ pulg}$$

Valor máximo:

$$Dt = 32 \sqrt{\frac{0,84 \text{ pulg}^2}{0.7854 * 7}}$$

$$Dt = \frac{12,53}{32} \text{ pulg}$$

- **Sección de 8 ½"**

Valor mínimo:

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

$$Dt = 32 \sqrt{\frac{0,81 \text{ pulg}^2}{0.7854 * 7}}$$

$$Dt = \frac{13,27}{32} \text{ pulg}$$

Valor máximo:

$$Dt = 32 \sqrt{\frac{1,33 \text{ pulg}^2}{0.7854 * 7}}$$
$$Dt = \frac{17,01}{32} \text{ pulg}$$

El resultado del área de las boquillas de la broca para cada sección debe distribuirse de manera adecuada en caso de que cambie el número de boquillas por un diseño o configuración específica. Es decir, este valor depende del número de boquillas que vaya a tener la broca.

j) Velocidad del fluido en los jets (Vn): Utilizando la Ecuación 2.12 se calcula la velocidad del fluido de los jets de la broca que atraviesa cada sección, adicionalmente se utilizan los datos de diseño de la broca descritos en la Tabla 4.1. y los valores de las variables calculadas anteriormente.

- **Sección de 16"**

Valor mínimo:

$$Vn = \frac{417.2 * Q_{opt}}{N * Dt^2}$$
$$Vn = \frac{417.2 * 1,06 \text{ gal/min}}{8 * (9,78)^2}$$
$$Vn = 319,17 \text{ pies/seg}$$

Valor máximo:

$$Vn = \frac{417.2 * 38,40 \text{ gal/min}}{8 * (10,24)^2}$$
$$Vn = 287,8 \text{ pies/seg}$$

- **Sección de 12 ¼"**

Valor mínimo:

$$Vn = \frac{417.2 * Q_{opt}}{N * Dt^2}$$

$$Vn = \frac{417.2 * 57,99 \text{ gal/min}}{7 * (10,91)^2}$$

$$Vn = 289,77 \text{ pies/seg}$$

Valor máximo:

$$Vn = \frac{417.2 * 230,62 \text{ gal/min}}{7 * (12,53)^2}$$

$$Vn = 219,63 \text{ pies/seg}$$

- **Sección de 8 ½"**

Valor mínimo:

$$Vn = \frac{417.2 * Q_{opt}}{N * Dt^2}$$

$$Vn = \frac{417.2 * 706,59 \text{ gal/min}}{6 * (13,26)^2}$$

$$Vn = 228,73 \text{ pies/seg}$$

Valor máximo:

$$Vn = \frac{417.2 * 1157,92 \text{ gal/min}}{7 * (17,01)^2}$$

$$Vn = 139,07 \text{ pies/seg}$$

k) Fuerza de Impacto (I.F): Utilizando la Ecuación 2.13 se calcula la fuerza de impacto del fluido en la formación que se atraviesa durante cada sección, adicionalmente se utilizan los datos de diseño de la broca descritos en la Tabla 4.1. y los valores de las variables calculadas anteriormente.

- **Sección de 16"**

Valor mínimo:

$$I.F = \frac{Vn * Qopt * MW}{1930}$$

$$I.F = \frac{319,17 * 1,06 * 8,7}{1930}$$

$$I.F = 833,74 \text{ lb}$$

Valor máximo:

$$I.F = \frac{287,80 * 38,40 * 10,7}{1930}$$

$$I.F = 824,62 \text{ lb}$$

- **Sección de 12 ¼"**

Valor mínimo:

$$I.F = \frac{Vn * Qopt * MW}{1930}$$

$$I.F = \frac{289,77 * 57,99 * 9,7}{1930}$$

$$I.F = 843,96 \text{ lb}$$

Valor máximo:

$$I.F = \frac{219,63 * 230,62 * 10,8}{1930}$$

$$I.F = 604,38 \text{ lb}$$

- **Sección de 8 ½"**

Valor mínimo:

$$I.F = \frac{Vn * Qopt * MW}{1930}$$

$$I.F = \frac{228,73 * 706,59 * 8,8}{1930}$$

$$I.F = 604,38 \text{ lb}$$

Valor máximo:

$$I.F = \frac{139,07 * 1157,92 * 9,2}{1930}$$

$$I.F = 384,17 \text{ lb}$$

- I) Caballos de fuerza hidráulica en la broca (HHPb):** Utilizando la Ecuación 2.14 se calcula los caballos de fuerza hidráulica en la broca con las que el fluido llega a la formación que se atraviesa durante cada sección, adicionalmente se utilizan los datos de diseño de la broca descritos en la Tabla 4.1. y los valores de las variables calculadas anteriormente.

- **Sección de 16"**

Valor mínimo:

$$HHPb = \frac{Q_{opt} * MW}{1714}$$

$$HHPb = \frac{1,06 * 8,7}{1714}$$

$$HHPb = 0,053 \text{ HP}$$

Valor máximo:

$$HHPb = \frac{34,4 * 10,7}{1714}$$

$$HHPb = 2,39 \text{ HP}$$

- **Sección de 12 ¼"**

Valor mínimo:

$$HHPb = \frac{Q_{opt} * MW}{1714}$$

$$HHPb = \frac{57,99 * 9,7}{1714}$$

$$HHPb = 3,28 \text{ HP}$$

Valor máximo:

$$HHPb = \frac{230,62 * 10,8}{1714}$$

$$HHPb = 14,53 \text{ HP}$$

- **Sección de 8 ½”**

Valor mínimo:

$$HHPb = \frac{Q_{opt} * MW}{1714}$$

$$HHPb = \frac{705,99 * 8,8}{1714}$$

$$HHPb = 36,27 \text{ HP}$$

Valor máximo:

$$HHPb = \frac{1157,92 * 9,2}{1714}$$

$$HHPb = 62,15 \text{ HP}$$

- m) **Caballaje hidráulico por pulgada cuadrada del área de la broca (HSI):** Utilizando la Ecuación 2.15 se calcula el caballaje hidráulico por pulgada cuadrada del área de la broca con las que el fluido llega a la formación que se atraviesa durante cada sección, siendo el parámetro principal de limpieza del pozo y por ende, de rata de penetración, adicionalmente se utilizan los datos de diseño de la broca descritos en la Tabla 4.1. y los valores de las variables calculadas anteriormente.

- **Sección de 16”**

Valor mínimo:

$$HSI = \frac{HHPB * 1.27}{Db^2}$$

$$HSI = \frac{0,053 * 1.27}{(16)^2}$$

$$HSI = 0,0002 \text{ HP/pulg}^2$$

Valor máximo:

$$HSI = \frac{2,39 * 1.27}{(16)^2}$$

$$HSI = 0,01 \text{ HP/pulg}^2$$

- **Sección de 12 ¼"**

Valor mínimo:

$$HSI = \frac{HHPB * 1.27}{Db^2}$$

$$HSI = \frac{3,28 * 1.27}{(12,25)^2}$$

$$HSI = 0,027 \text{ HP/pulg}^2$$

Valor máximo:

$$HSI = \frac{14,53 * 1.27}{(12,25)^2}$$

$$HSI = 0,123 \text{ HP/pulg}^2$$

- **Sección de 8 ½"**

Valor mínimo:

$$HSI = \frac{HHPB * 1.27}{Db^2}$$

$$HSI = \frac{36,27 * 1.27}{(8,5)^2}$$

$$HSI = 0,637 \text{ HP/pulg}^2$$

Valor máximo:

$$HSI = \frac{62,15 * 1.27}{(8,5)^2}$$

$$HSI = 1,09 \text{ HP/pulg}^2$$

Una vez obtenidos los valores de HSI mínimo y máximo para cada sección se establece un valor promedio de cada sección y un valor promedio para todo el pozo de la siguiente manera:

- **Sección de 16"**

$$HSI \text{ sección} = \frac{HSI (\text{mínimo}) + HSI (\text{máximo})}{2}$$

$$HSI \text{ sección} = \frac{0,0002 \text{ HP/pulg}^2 + 0,01 \text{ HP/pulg}^2}{2}$$

$$HSI \text{ sección} = 0,006 \text{ HP/pulg}^2$$

- **Sección de 12 ¼"**

$$HSI \text{ sección} = \frac{HSI (\text{mínimo}) + HSI (\text{máximo})}{2}$$

$$HSI \text{ sección} = \frac{0,2 \text{ HP/pulg}^2 + 0,12 \text{ HP/pulg}^2}{2}$$

$$HSI \text{ sección} = 0,075 \text{ HP/pulg}^2$$

- **Sección de 8 ½"**

$$HSI \text{ sección} = \frac{HSI (\text{mínimo}) + HSI (\text{máximo})}{2}$$

$$HSI \text{ sección} = \frac{0,637 \text{ HP/pulg}^2 + 1,09 \text{ HP/pulg}^2}{2}$$

$$HSI \text{ sección} = 0,865 \text{ HP/pulg}^2$$

Con los valores promedio de HSI de cada sección, se establece un promedio general para obtener un valor único de HSI de cada pozo con el objetivo de facilitar el análisis en comparación a los valores de los parámetros obtenidos en el Capítulo III.

- **HSI del pozo AGR 25D**

$$HSI \text{ pozo} = \frac{HSI (\text{sección } 16") + HSI (\text{sección } 12,25) + HSI (\text{sección } 8,5)}{3}$$

$$HSI \text{ pozo} = \frac{0,006 \text{ HP/pulg}^2 + 0,075 \text{ HP/pulg}^2 + 0,865 \text{ HP/pulg}^2}{3}$$

$$HSI \text{ pozo} = 0,54 \text{ HP/pulg}^2$$

A continuación, en la Tabla 4.2, se presentan de forma resumida los resultados del cálculo realizado, con cada uno de los valores de las variables que se obtuvieron del diseño de los parámetros de la hidráulica del pozo Aguarico 25D.

Tabla 4.2. Resultados calculados de parámetros de hidráulica de perforación del pozo Aguarico 25D

POZO AGR 25D	Sección 16 "		Sección 12,25"		Sección 8,5"	
	Min.	Máx.	Min.	Máx.	Min.	Máx.
Caudal inicial (gpm)	640,00	640,00	490,00	490,00	340,00	340,00
Velocidad anular (pies/min)	69,40	69,40	100,12	100,12	198,17	198,17
Número de Reynolds	24503,14	10958,56	14477,46	5373,08	6740,21	4227,95
Factor de fricción	1,28E-05	2,88E-05	2,18E-05	5,88E-05	4,68E-05	7,47E-05
Pérdidas de Presión (psi)	0,43	29,34	65,18	330,00	1889,65	3376,19
Presión en la broca (psi)	799,57	770,66	734,82	470,00	1089,65	2576,19
Caudal óptimo (gpm)	1,06	38,41	58,00	230,62	706,60	1157,93
<i>Qopt secciones (gpm)</i>	19,73		144,31		932,26	
<i>Qopt pozo (gpm)</i>	579,49					
Área óptima de los jets (pulg ²)	0,58	0,64	0,64	0,84	0,81	1,33
Diámetro boquillas (##/32 pulg)	9,73	10,24	10,91	12,54	13,27	17,02
Velocidad de flujo jets (pies/seg)	319,17	287,80	289,77	219,63	228,74	139,08
Fuerza de Impacto (lb)	833,75	824,63	843,96	712,21	604,38	384,18
Caballos de fuerza broca (HP)	0,05	2,40	3,28	14,53	36,28	62,15
Caballaje pulg. cuadrada (HP/pulg ²)	0,00	0,01	0,03	0,12	0,64	1,09
<i>HSI sección (HP/pulg²)=</i>	0,01		0,08		0,87	
<i>HSI pozo (HP/pulg²)=</i>	0,55					

4.2. RESULTADOS CALCULADOS DE LOS PARÁMETROS DE HIDRÁULICA DE PERFORACIÓN DE LOS POZOS ESTUDIADOS DEL CAMPO SHUSHUFINDI – AGUARICO

De la misma forma que se presentó la secuencia de cálculo realizada para obtener los parámetros de hidráulica de perforación para el pozo AGUARICO 25D, tomado como ejemplo, se efectuó el mismo procedimiento para todos los veinte pozos estudiados, tomados como muestra significativa del Campo Shushufindi-Aguarico, cálculo mostrado en el Anexo Digital 1 ([Secuencia de Cálculo de los Pozos Estudiados](#)).

Los resultados obtenidos mediante el cálculo pueden ser utilizados únicamente como referencia, puesto que, durante la perforación ocurren eventos no programados que se deben solucionar adaptando las condiciones de operación como sean necesarias, esto implica cambiar los parámetros operacionales, que pueden ir desde la densidad del fluido de perforación hasta variaciones bruscas de operación.

Además de que en el cálculo no se toma en cuenta parámetros de resistencia de la formación o parámetros específicos de la litología, lo que puede dejar un rango de aplicación de los parámetros hidráulicos utilizados en la perforación de un pozo.

Los resultados obtenidos mediante el cálculo serán utilizados para compararse con los resultados aplicados en la muestra de pozos analizada, con el objeto de, establecer la mejor referencia de control y monitoreo de los parámetros aplicados en la perforación de pozos futuros y como referencia para la aplicación de los mejores parámetros de hidráulica de perforación en nuevos pozos a perforarse en el Campo Shushufindi-Aguarico.

A continuación se presentan los datos necesarios para el cálculo de los parámetros hidráulicos de cada pozo y los resultados obtenidos luego de aplicar la secuencia de cálculo.

4.2.1. PARÁMETROS CALCULADOS DEL POZO SHUSHUFINDI 175D (SSFD 175D)

La Tabla 4.3, presenta los datos obtenidos del reporte final de perforación del Pozo SSFD 175D, utilizando esta información se realizó el cálculo de los parámetros hidráulicos, descrito anteriormente en este Capítulo para este pozo.

Tabla 4.3. Datos del Pozo SSFD 175D

DATOS SSFD 175D	Sección 16 "		Sección 12,25"		Sección 8,5"	
	Min.	Máx.	Min.	Máx.	Min.	Máx.
Profundidad (pies)	269	5628	5628	8790	8790	9672
Viscosidad Fluido (cP)	3	6	11	19	18	26
Densidad Fluido (lpg)	8,4	10,2	9,7	10,8	9,7	10,3
Diámetro broca (pulg)	16		12,25		8,5	
Diámetro Drill Pipe (pulg)	5,5		5,5		5,5	
Número de boquillas broca	8		7		6	
Presión máxima superficie (psi)	800					

Luego de realizar el cálculo de los parámetros hidráulicos del Pozo Shushufindi 175D, utilizando la información del pozo y de parámetros operacionales descritos en la Tabla 4.3, se han obtenido los resultados que se presentan a continuación en la Tabla 4.4.

Tabla 4.4. Resultados calculados de parámetros de hidráulica de perforación del pozo SSFD 175D

POZO SSFD 175D	Sección 16 "		Sección 12,25"		Sección 8,5"	
	Min.	Máx.	Min.	Máx.	Min.	Máx.
Caudal inicial (gpm)	640,00	640,00	490,00	490,00	340,00	340,00
Velocidad anular (pies/min)	69,40	69,40	100,12	100,12	198,17	198,17
Número de Reynolds	31544,27	19151,88	9212,93	5938,66	4953,03	3641,13
Factor de fricción	1,00E-05	1,65E-05	3,43E-05	5,32E-05	6,38E-05	8,68E-05
Pérdidas de Presión (psi)	0,40	16,84	107,77	290,74	2760,06	4386,78
Presión en la broca (psi)	799,60	783,16	692,23	509,26	1960,06	3586,78
Caudal óptimo (gpm)	1,00	23,94	88,98	207,05	975,45	1446,98
<i>Qopt secciones (gpm)</i>	12,47		148,01		1211,22	
<i>Qopt pozo (gpm)</i>	723,99					
Área óptima de los jets (pulg ²)	0,71	0,79	0,82	1,01	0,80	1,37
Diámetro boquillas (##/32 pulg)	10,78	11,31	12,38	13,73	13,18	17,27
Velocidad de flujo jets (pies/seg)	324,83	294,78	281,25	228,62	289,71	168,69
Fuerza de Impacto (lb)	1023,54	1027,89	1023,39	926,22	1054,17	651,77
Caballos de fuerza broca (HP)	0,05	1,42	5,04	13,05	55,20	86,95
<i>HSI (HP/pulg²)</i>	0,0002	0,0071	0,0426	0,1104	0,9704	1,5285
<i>HSI sección (HP/pulg²)</i>	0,004		0,077		1,249	
<i>HSI pozo (HP/pulg²)</i>	0,76					

4.2.2. PARÁMETROS CALCULADOS DEL POZO AGUARICO 26D (AGR 26D)

La Tabla 4.5, presenta los datos obtenidos del reporte final de perforación del Pozo AGR 26D, utilizando esta información se realizó el cálculo de los parámetros hidráulicos, descrito anteriormente en este Capítulo para este pozo.

Tabla 4.5. Datos del Pozo AGR 26D

DATOS AGR 26D	Sección 16 "		Sección 12,25"		Sección 8,5"	
	Min.	Máx.	Min.	Máx.	Min.	Máx.
Profundidad (pies)	218	5393	5393	8943	8943	9683
Viscosidad Fluido (cP)	4	8	7	27	12	20
Densidad Fluido (lpg)	8,7	10,6	9,7	10,7	8,8	9,3
Diámetro broca (pulg)	16		12,25		8,5	
Diámetro Drill Pipe (pulg)	5,5		5,5		5,5	
Número de boquillas broca	8		7		6	
Presión máxima superficie (psi)	800					

Luego de realizar el cálculo de los parámetros hidráulicos del Pozo Aguatico 26D, utilizando la información del pozo y de parámetros operacionales descritos en la Tabla 4.5, se han obtenido los resultados que se presentan a continuación en la Tabla 4.6.

Tabla 4.6. Resultados calculados de parámetros de hidráulica de perforación del pozo AGR 26D

POZO AGR 26D	Sección 16 "		Sección 12,25"		Sección 8,5"	
	Min.	Máx.	Min.	Máx.	Min.	Máx.
Caudal inicial (gpm)	640,00	640,00	490,00	490,00	340,00	340,00
Velocidad anular (pies/min)	69,40	69,40	100,12	100,12	198,17	198,17
Número de Reynolds	24503,14	14927,20	14477,46	4140,37	6740,21	4273,90
Factor de fricción	1,29E-05	2,12E-05	2,18E-05	7,63E-05	4,69E-05	7,39E-05
Pérdidas de Presión (psi)	0,43	21,52	65,72	420,34	1872,06	3378,29
Presión en la broca (psi)	799,57	778,48	734,28	379,66	1072,06	2578,29
Caudal óptimo (gpm)	1,07	29,49	58,40	283,36	701,00	1158,54
<i>Qopt secciones (gpm)</i>	15,28		170,88		929,77	
<i>Qopt pozo (gpm)</i>	579,80					
Área óptima de los jets (pulg ²)	0,58	0,64	0,64	0,94	0,81	1,33
Diámetro boquillas (##/32 pulg)	9,73	10,22	10,92	13,20	13,30	17,03
Velocidad de flujo jets (pies/seg)	319,17	289,15	289,67	198,32	227,64	138,96
Fuerza de Impacto (lb)	834,19	820,79	844,10	637,48	601,79	388,23
Caballos de fuerza broca (HP)	0,05	1,82	3,31	17,69	35,99	62,86
<i>HSI (HP/pulg²)</i>	0,0003	0,0090	0,0280	0,1497	0,6326	1,1050
<i>HSI sección (HP/pulg²)</i>	0,005		0,09		0,87	
<i>HSI pozo (HP/pulg²)</i>	0,55					

4.2.3. PARÁMETROS CALCULADOS DEL POZO SHUSHUFINDI 124D (SSFD 124D)

La Tabla 4.7, presenta los datos obtenidos del reporte final de perforación del Pozo SSFD 124D, utilizando esta información se realizó el cálculo de los parámetros hidráulicos, descrito anteriormente en este Capítulo para este pozo.

Tabla 4.7. Datos del Pozo SSFD 124D

DATOS SSFD 124D	Sección 16 "		Sección 12,25"		Sección 8,5"	
	Min.	Máx.	Min.	Máx.	Min.	Máx.
Profundidad (pies)	168	5350	5350	8973	8973	9578
Viscosidad Fluido (cP)	3	8	9	25	16	17
Densidad Fluido (lpg)	8,7	10,6	9,7	10,4	8,8	9,2
Diámetro broca (pulg)	16		12,25		8,5	
Diámetro Drill Pipe (pulg)	5,5		5,5		5,5	
Número de boquillas broca	8		7		6	
Presión máxima superficie (psi)	800					

Luego de realizar el cálculo de los parámetros hidráulicos del Pozo Shushufindi 124D, utilizando la información del pozo y de parámetros operacionales descritos en la Tabla 4.7, se han obtenido los resultados que se presentan a continuación en la Tabla 4.8.

Tabla 4.8. Resultados calculados de parámetros de hidráulica de perforación del pozo 124D

POZO SSFD 124D	Sección 16 "		Sección 12,25"		Sección 8,5"	
	Min.	Máx.	Min.	Máx.	Min.	Máx.
Caudal inicial (gpm)	640,00	640,00	490,00	490,00	340,00	340,00
Velocidad anular (pies/min)	69,40	69,40	100,12	100,12	198,17	198,17
Número de Reynolds	32670,85	14927,20	11260,25	4346,22	5055,15	4974,06
Factor de fricción	9,67E-06	2,12E-05	2,81E-05	7,27E-05	6,25E-05	6,35E-05
Pérdidas de Presión (psi)	0,25	21,34	83,82	390,51	2504,46	2840,40
Presión en la broca (psi)	799,75	778,66	716,18	409,49	1704,46	2040,40
Caudal óptimo (gpm)	0,67	29,29	71,84	266,15	898,02	999,56
<i>Qopt secciones (gpm)</i>	14,98		169,00		948,79	
<i>Qopt pozo (gpm)</i>	500,12					
Área óptima de los jets (pulg ²)	0,50	0,55	0,56	0,77	0,66	1,32
Diámetro boquillas (##/32 pulg)	9,04	9,49	10,21	11,94	11,93	16,95
Velocidad de flujo jets (pies/seg)	319,21	289,19	286,08	208,91	244,13	120,94
Fuerza de Impacto (lb)	719,63	694,33	719,06	563,00	556,69	288,32
Caballos de fuerza broca (HP)	0,03	1,81	4,07	16,15	46,11	53,65
<i>HSI (HP/pulg²)</i>	0,00017	0,00899	0,03441	0,13667	0,81045	0,94309
<i>HSI sección (HP/pulg²)</i>	0,005		0,086		0,877	
<i>HSI pozo (HP/pulg²)</i>	0,472					

4.2.4. PARÁMETROS CALCULADOS DEL POZO SHUSHUFINDI 224D (SSFD 224D)

La Tabla 4.9, presenta los datos obtenidos del reporte final de perforación del Pozo SSFD 224D, utilizando esta información se realizó el cálculo de los parámetros hidráulicos, descrito anteriormente en este Capítulo para este pozo.

Tabla 4.9. Datos del Pozo SSFD 224D

DATOS SSFD 224D	Sección 16 "		Sección 12,25"		Sección 8,5"	
	Min.	Máx.	Min.	Máx.	Min.	Máx.
Profundidad (pies)	171	5249	5249	9003	9003	9662
Viscosidad Fluido (cP)	3	9	11	20	16	17
Densidad Fluido (lpg)	8,7	10,6	9,7	10,4	8,8	9,2
Diámetro broca (pulg)	16		12,25		8,5	
Diámetro Drill Pipe (pulg)	5,5		5,5		5,5	
Número de boquillas broca	8		7		6	
Presión máxima superficie (psi)	800					

Luego de realizar el cálculo de los parámetros hidráulicos del Pozo Shushufindi 224D, utilizando la información del pozo y de parámetros operacionales descritos en la Tabla 4.9, se han obtenido los resultados que se presentan a continuación en la Tabla 4.10.

Tabla 4.10. Resultados calculados de parámetros de hidráulica de perforación del pozo 224D

POZO SSFD 224D	Sección 16 "		Sección 12,25"		Sección 8,5"	
	Min.	Máx.	Min.	Máx.	Min.	Máx.
Caudal inicial (gpm)	640	640	490	490	340	340
Velocidad anular (pies/min)	69,40	69,40	100,12	100,12	198,17	198,17
Número de Reynolds	32670,85	13268,62	9212,93	5432,78	5055,15	4974,06
Factor de fricción	9,67E-06	2,38E-05	3,43E-05	5,82E-05	6,25E-05	6,35E-05
Pérdidas de Presión (psi)	0,26	23,56	100,51	313,45	2512,83	2865,31
Presión en la broca (psi)	799,74	776,44	699,49	486,55	1712,83	2065,31
Caudal óptimo (gpm)	0,68	31,86	83,85	220,74	900,58	1007,02
<i>Qopt secciones (gpm)</i>	16,27		152,30		953,80	
<i>Qopt pozo (gpm)</i>	503,85					
Área óptima de los jets (pulg ²)	0,50	0,56	0,57	0,71	0,66	1,32
Diámetro boquillas (##/32 pulg)	9,07	9,53	10,30	11,48	11,95	16,96
Velocidad de flujo jets (pies/seg)	319,21	289,19	282,72	227,72	245,30	121,80
Fuerza de Impacto (lb)	725,00	700,26	715,94	618,27	563,54	292,54
Caballos de fuerza broca (HP)	0,03	1,97	4,75	13,39	46,24	54,05
<i>HSI (HP/pulg²)</i>	0,00017	0,00978	0,04016	0,11335	0,81275	0,95013
<i>HSI sección (HP/pulg²)</i>	0,005		0,077		0,881	
<i>HSI pozo (HP/pulg²)</i>	0,475					

4.2.5. PARÁMETROS CALCULADOS DEL POZO SHUSHUFINDI 154D (SSFD 154D)

La Tabla 4.11, presenta los datos obtenidos del reporte final de perforación del Pozo SSFD 154D, utilizando esta información se realizó el cálculo de los parámetros hidráulicos, descrito anteriormente en este Capítulo para este pozo.

Tabla 4.11. Datos del Pozo SSFD 154D

DATOS SSFD 154D	Sección 16 "		Sección 12,25"		Sección 8,5"	
	Min.	Máx.	Min.	Máx.	Min.	Máx.
Profundidad (pies)	263	5275	5275	8946	8946	9550
Viscosidad Fluido (cP)	6	12	12	20	17	18
Densidad Fluido (lpg)	8,7	10,7	10	10,5	8,9	9,2
Diámetro broca (pulg)	16		12,25		8,5	
Diámetro Drill Pipe (pulg)	5,5		5,5		5,5	
Número de boquillas broca	8		7		6	
Presión máxima superficie (psi)	800					

Luego de realizar el cálculo de los parámetros hidráulicos del Pozo Shushufindi 154D, utilizando la información del pozo y de parámetros operacionales descritos en la Tabla 4.11, se han obtenido los resultados que se presentan a continuación en la Tabla 4.12.

Tabla 4.12. Resultados calculados de parámetros de hidráulica de perforación del pozo SSFD154D

POZO SSFD 154D	Sección 16 "		Sección 12,25"		Sección 8,5"	
	Min.	Máx.	Min.	Máx.	Min.	Máx.
Caudal inicial (gpm)	640,00	640,00	490,00	490,00	340,00	340,00
Velocidad anular (pies/min)	69,40	69,40	100,12	100,12	198,17	198,17
Número de Reynolds	16335,42	10045,35	8706,38	5485,02	4811,86	4697,72
Factor de fricción	1,93E-05	3,15E-05	3,63E-05	5,76E-05	6,57E-05	6,73E-05
Pérdidas de Presión (psi)	0,79	31,57	110,19	311,47	2652,98	2998,69
Presión en la broca (psi)	799,21	768,43	689,81	488,53	1852,98	2198,69
Caudal óptimo (gpm)	1,77	40,87	90,68	219,55	943,15	1046,78
<i>Qopt secciones (gpm)</i>	21,32		155,11		994,96	
<i>Qopt pozo (gpm)</i>	524,27					
Área óptima de los jets (pulg ²)	0,53	0,58	0,61	0,74	0,66	1,33
Diámetro boquillas (##/32 pulg)	9,25	9,75	10,63	11,73	11,97	16,97
Velocidad de flujo jets (pies/seg)	319,10	287,74	276,52	227,10	254,43	126,48
Fuerza de Impacto (lb)	754,13	736,33	751,14	647,73	615,11	316,08
Caballos de fuerza broca (HP)	0,09	2,55	5,29	13,45	48,97	56,19
<i>HSI (HP/pulg²)</i>	0,0004	0,0127	0,0448	0,1138	0,8608	0,9876
<i>HSI sección (HP/pulg²)</i>	0,007		0,079		0,924	
<i>HSI pozo (HP/pulg²)</i>	0,494					

4.2.6. PARÁMETROS CALCULADOS DEL POZO AGUARICO 25D (AGR 25D)

La Tabla 4.13, presenta los datos obtenidos del reporte final de perforación del Pozo AGR 25D, utilizando esta información se realizó el cálculo de los parámetros hidráulicos, descrito anteriormente en este Capítulo para este pozo.

Tabla 4.13. Datos del Pozo AGR 25D

DATOS AGR 25D	Sección 16 "		Sección 12,25"		Sección 8,5"	
	Min.	Máx.	Min.	Máx.	Min.	Máx.
Profundidad (pies)	217	5349	5349	9027	9027	9677
Viscosidad Fluido (cP)	4	11	7	21	12	20
Densidad Fluido (lpg)	8,7	10,7	9,7	10,8	8,8	9,2
Diámetro broca (pulg)	16		12,25		8,5	
Diámetro Drill Pipe (pulg)	5,5		5,5		5,5	
Número de boquillas broca	8		7		6	
Presión máxima superficie (psi)	800					

Luego de realizar el cálculo de los parámetros hidráulicos del Pozo Aguarico 25D, utilizando la información del pozo y de parámetros operacionales descritos en la Tabla 4.13, se han obtenido los resultados que se presentan a continuación en la Tabla 4.14.

Tabla 4.14. Resultados calculados de parámetros de hidráulica de perforación del pozo AGR 25D

POZO AGR 25D	Sección 16 "		Sección 12,25"		Sección 8,5"	
	Min.	Máx.	Min.	Máx.	Min.	Máx.
Caudal inicial (gpm)	640,00	640,00	490,00	490,00	340,00	340,00
Velocidad anular (pies/min)	69,40	69,40	100,12	100,12	198,17	198,17
Número de Reynolds	24503,14	10958,56	14477,46	5373,08	6740,21	4227,95
Factor de fricción	1,26E-05	2,88E-05	2,18E-05	5,88E-05	4,68E-05	7,47E-05
Pérdidas de Presión (psi)	0,43	29,34	65,18	330,00	1889,65	3376,19
Presión en la broca (psi)	799,57	770,66	734,82	470,00	1089,65	2576,19
Caudal óptimo (gpm)	1,06	38,41	58,00	230,62	706,60	1157,93
<i>Qopt secciones (gpm)</i>	19,73		144,31		932,26	
<i>Qopt pozo (gpm)</i>	579,49					
Área óptima de los jets (pulg ²)	0,58	0,64	0,64	0,84	0,81	1,33
Diámetro boquillas (##/32 pulg)	9,73	10,24	10,91	12,54	13,27	17,02
Velocidad de flujo jets (pies/seg)	319,17	287,80	289,77	219,63	228,74	139,08
Fuerza de Impacto (lb)	833,75	824,63	843,96	712,21	604,38	384,18
Caballos de fuerza broca (HP)	0,05	2,40	3,28	14,53	36,28	62,15
<i>HSI (HP/pulg²)</i>	0,00	0,01	0,03	0,12	0,64	1,09
<i>HSI sección (HP/pulg²)</i>	0,01		0,08		0,87	
<i>HSI pozo (HP/pulg²)</i>	0,55					

4.2.7. PARÁMETROS CALCULADOS DEL POZO SHUSHUFINDI 246D (SSFD 246D)

La Tabla 4.15, presenta los datos obtenidos del reporte final de perforación del Pozo SSFD 246D, utilizando esta información se realizó el cálculo de los parámetros hidráulicos, descrito anteriormente en este Capítulo para este pozo.

Tabla 4.15. Datos del Pozo SSFD 246D

DATOS SSFD 246D	Sección 16 "		Sección 12,25"		Sección 8,5"	
	Min.	Máx.	Min.	Máx.	Min.	Máx.
Profundidad (pies)	218	5393	5393	8943	8943	9683
Viscosidad Fluido (cP)	7	11	10	23	16	18
Densidad Fluido (lpg)	8,7	10,6	9,7	10,8	9	9,2
Diámetro broca (pulg)	16		12,25		8,5	
Diámetro Drill Pipe (pulg)	5,5		5,5		5,5	
Número de boquillas broca	8		7		6	
Presión máxima superficie (psi)	800					

Luego de realizar el cálculo de los parámetros hidráulicos del Pozo Shushufindi 246D, utilizando la información del pozo y de parámetros operacionales descritos en la Tabla 4.15, se han obtenido los resultados que se presentan a continuación en la Tabla 4.16.

Tabla 4.16. Resultados calculados de parámetros de hidráulica de perforación del pozo SSFD 246D

POZO SSFD 246D	Sección 16 "		Sección 12,25"		Sección 8,5"	
	Min.	Máx.	Min.	Máx.	Min.	Máx.
Caudal inicial (gpm)	640,00	640,00	490,00	490,00	340,00	340,00
Velocidad anular (pies/min)	69,40	69,40	100,12	100,12	198,17	198,17
Número de Reynolds	14001,79	10856,14	10134,22	4905,85	5170,04	4697,72
Factor de fricción	2,26E-05	2,91E-05	3,12E-05	6,44E-05	6,11E-05	6,73E-05
Pérdidas de Presión (psi)	0,76	29,58	93,88	358,07	2496,09	3040,46
Presión en la broca (psi)	799,24	770,42	706,12	441,93	1696,09	2240,46
Caudal óptimo (gpm)	1,72	38,68	79,12	247,21	895,47	1059,17
<i>Qopt secciones (gpm)</i>	<i>20,20</i>		<i>163,17</i>		<i>977,32</i>	
<i>Qopt pozo (gpm)</i>	<i>530,45</i>					
Área óptima de los jets (pulg ²)	0,53	0,59	0,60	0,80	0,68	1,33
Diámetro boquillas (##/32 pulg)	9,31	9,78	10,55	12,18	12,17	16,98
Velocidad de flujo jets (pies/seg)	319,11	289,10	284,06	212,97	249,05	127,89
Fuerza de Impacto (lb)	763,02	742,23	757,29	632,16	616,05	323,38
Caballos de fuerza broca (HP)	0,09	2,39	4,48	15,58	47,02	56,85
<i>HSI (HP/pulg²)</i>	0,0004	0,0119	0,0379	0,1318	0,8265	0,9993
<i>HSI sección (HP/pulg²)</i>	<i>0,006</i>		<i>0,085</i>		<i>0,913</i>	
<i>HSI pozo (HP/pulg²)</i>	<i>0,500</i>					

4.2.8. PARÁMETROS CALCULADOS DEL POZO AGUARICO 19D (AGR 19D)

La Tabla 4.17, presenta los datos obtenidos del reporte final de perforación del Pozo AGR 19D, utilizando esta información se realizó el cálculo de los parámetros hidráulicos, descrito anteriormente en este Capítulo para este pozo.

Tabla 4.17. Datos del Pozo AGR 19D

DATOS AGR 19D	Sección 16 "		Sección 12,25"		Sección 8,5"	
	Min.	Máx.	Min.	Máx.	Min.	Máx.
Profundidad (pies)	304	5238	5238	9061	9061	9692
Viscosidad Fluido (cP)	3	6	7	36	18	31
Densidad Fluido (lpg)	9	10,8	9,8	11,5	9	9,7
Diámetro broca (pulg)	16		12,25		8,5	
Diámetro Drill Pipe (pulg)	5,5		5,5		5,5	
Número de boquillas broca	8		7		6	
Presión máxima superficie (psi)	800					

Luego de realizar el cálculo de los parámetros hidráulicos del Pozo Aguatico 19D, utilizando la información del pozo y de parámetros operacionales descritos en la Tabla 4.17, se han obtenido los resultados que se presentan a continuación en la Tabla 4.18.

Tabla 4.18. Resultados calculados de parámetros de hidráulica de perforación del pozo AGR 19D

POZO AGR 19D	Sección 16 "		Sección 12,25"		Sección 8,5"	
	Min.	Máx.	Min.	Máx.	Min.	Máx.
Caudal inicial (gpm)	640,00	640,00	490,00	490,00	340,00	340,00
Velocidad anular (pies/min)	69,40	69,40	100,12	100,12	198,17	198,17
Número de Reynolds	33797,43	20278,46	14626,71	3337,44	4595,60	2875,95
Factor de fricción	9,35E-06	1,56E-05	2,16E-05	9,47E-05	6,88E-05	1,10E-04
Pérdidas de Presión (psi)	0,45	15,67	63,83	567,85	2845,15	5241,21
Presión en la broca (psi)	799,55	784,33	736,17	232,15	2045,15	4441,21
Caudal óptimo (gpm)	1,11	22,52	56,97	366,02	1000,99	1683,60
<i>Qopt secciones (gpm)</i>	11,82		211,50		1342,29	
<i>Qopt pozo (gpm)</i>	842,35					
Área óptima de los jets (pulg ²)	0,86	0,94	0,93	1,80	0,85	1,38
Diámetro boquillas (##/32 pulg)	11,83	12,38	13,19	18,32	13,57	17,31
Velocidad de flujo jets (pies/seg)	313,80	286,46	288,56	149,59	318,15	195,49
Fuerza de Impacto (lb)	1232,64	1250,29	1234,23	750,80	1249,72	827,60
Caballos de fuerza broca (HP)	0,06	1,42	3,26	24,56	52,56	95,28
<i>HSI (HP/pulg²)</i>	0,0003	0,0070	0,0276	0,2078	0,9239	1,6748
<i>HSI sección (HP/pulg²)</i>	0,004		0,118		1,299	
<i>HSI pozo (HP/pulg²)</i>	0,838					

4.2.9. PARÁMETROS CALCULADOS DEL POZO SHUSHUFINDI 225D (SSFD 225D)

La Tabla 4.19, presenta los datos obtenidos del reporte final de perforación del Pozo SSFD 225D, utilizando esta información se realizó el cálculo de los parámetros hidráulicos, descrito anteriormente en este Capítulo para este pozo.

Tabla 4.19. Datos del Pozo SSFD 225D

DATOS SSFD 225D	Sección 16 "		Sección 12,25"		Sección 8,5"	
	Min.	Máx.	Min.	Máx.	Min.	Máx.
Profundidad (pies)	220	5192	5192	8973	8973	9652
Viscosidad Fluido (cP)	2	6	9	24	12	14
Densidad Fluido (lpg)	9,1	10,8	9,7	10,8	8,9	9,2
Diámetro broca (pulg)	16		12,25		8,5	
Diámetro Drill Pipe (pulg)	5,5		5,5		5,5	
Número de boquillas broca	8		7		6	
Presión máxima superficie (psi)	800					

Luego de realizar el cálculo de los parámetros hidráulicos del Pozo Shushufindi 225D, utilizando la información del pozo y de parámetros operacionales descritos en la Tabla 4.19, se han obtenido los resultados que se presentan a continuación en la Tabla 4.20.

Tabla 4.20. Resultados calculados de parámetros de hidráulica de perforación del pozo SSFD 225D

POZO SSFD 225D	Sección 16 "		Sección 12,25"		Sección 8,5"	
	Min.	Máx.	Min.	Máx.	Min.	Máx.
Caudal inicial (gpm)	640	640	490	490	340	340
Velocidad anular (pies/min)	69,40	69,40	100,12	100,12	198,17	198,17
Número de Reynolds	51259,43	20278,46	11260,25	4701,44	6816,80	6039,93
Factor de fricción	6,16E-06	1,56E-05	2,81E-05	6,72E-05	4,64E-05	5,23E-05
Pérdidas de Presión (psi)	0,22	15,54	81,35	374,89	1878,34	2357,23
Presión en la broca (psi)	799,78	784,46	718,65	425,11	1078,34	1557,23
Caudal óptimo (gpm)	0,60	22,35	70,03	257,06	703,00	852,89
<i>Qopt secciones (gpm)</i>	<i>11,47</i>		<i>163,55</i>		<i>777,95</i>	
<i>Qopt pozo (gpm)</i>	<i>426,74</i>					
Área óptima de los jets (pulg ²)	0,44	0,48	0,48	0,65	0,68	1,32
Diámetro boquillas (##/32 pulg)	8,44	8,81	9,42	11,03	12,18	16,90
Velocidad de flujo jets (pies/seg)	312,12	286,50	286,57	208,88	200,00	103,78
Fuerza de Impacto (lb)	628,02	584,17	614,63	498,80	393,58	211,12
Caballos de fuerza broca (HP)	0,03	1,41	3,96	16,20	36,50	45,78
<i>HSI (HP/pulg²)</i>	0,00016	0,00699	0,03354	0,13708	0,64165	0,80470
<i>HSI sección (HP/pulg²)</i>	<i>0,004</i>		<i>0,085</i>		<i>0,723</i>	
<i>HSI pozo (HP/pulg²)</i>	<i>0,402</i>					

4.2.10. PARÁMETROS CALCULADOS DEL POZO AGUARICO 23D (AGR 23D)

La Tabla 4.21, presenta los datos obtenidos del reporte final de perforación del Pozo AGR 23D, utilizando esta información se realizó el cálculo de los parámetros hidráulicos, descrito anteriormente en este Capítulo para este pozo.

Tabla 4.21. Datos del Pozo AGR 23D

DATOS AGR 23D	Sección 16 "		Sección 12,25"		Sección 8,5"	
	Min.	Máx.	Min.	Máx.	Min.	Máx.
Profundidad (pies)	305	5291	5291	9043	9043	9703
Viscosidad Fluido (cP)	4	8	16	22	14	26
Densidad Fluido (lpg)	8,9	10,9	9,8	11	8,9	9,5
Diámetro broca (pulg)	16		12,25		8,5	
Diámetro Drill Pipe (pulg)	5,5		5,5		5,5	
Número de boquillas broca	8		7		6	
Presión máxima superficie (psi)	800					

Luego de realizar el cálculo de los parámetros hidráulicos del Pozo Aguatico 23D, utilizando la información del pozo y de parámetros operacionales descritos en la Tabla 4.21, se han obtenido los resultados que se presentan a continuación en la Tabla 4.22.

Tabla 4.22. Resultados calculados de parámetros de hidráulica de perforación del pozo AGR 23D

POZO AGR 23D	Sección 16 "		Sección 12,25"		Sección 8,5"	
	Min.	Máx.	Min.	Máx.	Min.	Máx.
Caudal inicial (gpm)	640	640	490	490	340	340
Velocidad anular (pies/min)	69,40	69,40	100,12	100,12	198,17	198,17
Número de Reynolds	25066,43	15349,67	6399,19	5223,83	5842,97	3358,32
Factor de fricción	1,26E-05	2,06E-05	4,94E-05	6,05E-05	5,41E-05	9,41E-05
Pérdidas de Presión (psi)	0,61	21,11	147,37	346,33	2208,50	4400,84
Presión en la broca (psi)	799,39	778,89	652,63	453,67	1408,50	3600,84
Caudal óptimo (gpm)	1,42	29,02	116,13	240,30	806,87	1450,93
<i>Qopt secciones (gpm)</i>	<i>15,218</i>		<i>178,213</i>		<i>1128,899</i>	
<i>Qopt pozo (gpm)</i>	<i>726,173</i>					
Área óptima de los jets (pulg ²)	0,74	0,81	0,85	1,09	0,86	1,36
Diámetro boquillas (##/32 pulg)	10,95	11,52	12,62	14,22	13,71	17,18
Velocidad de flujo jets (pies/seg)	315,53	285,12	271,69	213,81	268,65	170,99
Fuerza de Impacto (lb)	1056,61	1069,32	1001,81	884,92	899,62	611,18
Caballos de fuerza broca (HP)	0,07	1,85	6,64	15,42	41,90	80,42
<i>HSI (HP/pulg²)</i>	0,0004	0,0092	0,0562	0,1305	0,7365	1,4136
<i>HSI sección (HP/pulg²)</i>	<i>0,0048</i>		<i>0,0934</i>		<i>1,0750</i>	
<i>HSI pozo (HP/pulg²)</i>	<i>0,7070</i>					

4.2.11. PARÁMETROS CALCULADOS DEL POZO AGUARICO 46D (AGR 46D)

La Tabla 4.23, presenta los datos obtenidos del reporte final de perforación del Pozo AGR 46D, utilizando esta información se realizó el cálculo de los parámetros hidráulicos, descrito anteriormente en este Capítulo para este pozo.

Tabla 4.23. Datos del Pozo AGR 46D

DATOS AGR 46D	Sección 16 "		Sección 12,25"		Sección 8,5"	
	Min.	Máx.	Min.	Máx.	Min.	Máx.
Profundidad (pies)	190	5334	5334	9034	9034	9651
Viscosidad Fluido (cP)	5	11	11	22	22	27
Densidad Fluido (lpg)	8,9	10,8	9,8	10,5	9,5	10
Diámetro broca (pulg)	16		12,25		8,5	
Diámetro Drill Pipe (pulg)	5,5		5,5		5,5	
Número de boquillas broca	8		7		6	
Presión máxima superficie (psi)	800					

Luego de realizar el cálculo de los parámetros hidráulicos del Pozo Aguatico 46D, utilizando la información del pozo y de parámetros operacionales descritos en la Tabla 4.23, se han obtenido los resultados que se presentan a continuación en la Tabla 4.24.

Tabla 4.24. Resultados calculados de parámetros de hidráulica de perforación del pozo AGR 46D

POZO AGR 46D	Sección 16 "		Sección 12,25"		Sección 8,5"	
	Min.	Máx.	Min.	Máx.	Min.	Máx.
Caudal inicial (gpm)	640	640	490	490	340	340
Velocidad anular (pies/min)	69,40	69,40	100,12	100,12	198,17	198,17
Número de Reynolds	20053,14	11060,98	9307,91	4986,38	3968,92	3404,14
Factor de fricción	1,58E-05	2,86E-05	3,39E-05	6,34E-05	7,96E-05	9,28E-05
Pérdidas de Presión (psi)	0,47	29,26	102,14	345,99	3467,04	4545,61
Presión en la broca (psi)	799,53	770,74	697,86	454,01	2667,04	3745,61
Caudal óptimo (gpm)	1,15	38,32	85,00	240,09	1184,39	1491,45
<i>Qopt secciones (gpm)</i>	19,73		162,55		1337,92	
<i>Qopt pozo (gpm)</i>	746,30					
Área óptima de los jets (pulg ²)	0,76	0,83	0,85	1,09	0,74	1,37
Diámetro boquillas (##/32 pulg)	11,10	11,65	12,58	14,25	12,66	17,26
Velocidad de flujo jets (pies/seg)	315,56	286,46	280,95	218,93	323,48	174,17
Fuerza de Impacto (lb)	1085,98	1096,30	1064,65	888,88	1188,30	673,49
Caballos de fuerza broca (HP)	0,06	2,41	4,86	14,71	65,65	87,02
<i>HSI (HP/pulg²)</i>	0,0003	0,0120	0,0411	0,1245	1,1539	1,5296
<i>HSI sección (HP/pulg²)</i>	0,006		0,083		1,342	
<i>HSI pozo (HP/pulg²)</i>	0,765					

4.2.12. PARÁMETROS CALCULADOS DEL POZO AGUARICO 20D (AGR 20D)

La Tabla 4.25, presenta los datos obtenidos del reporte final de perforación del Pozo AGR 20D, utilizando esta información se realizó el cálculo de los parámetros hidráulicos, descrito anteriormente en este Capítulo para este pozo.

Tabla 4.25. Datos del Pozo AGR 20D

DATOS AGR 20D	Sección 16 "		Sección 12,25"		Sección 8,5"	
	Min.	Máx.	Min.	Máx.	Min.	Máx.
Profundidad (pies)	229	5237	5237	9005	9005	9667
Viscosidad Fluido (cP)	5	13	21	25	8,3	11,8
Densidad Fluido (lpg)	9,2	11	9,8	11,8	8,3	11,8
Diámetro broca (pulg)	16		12,25		8,5	
Diámetro Drill Pipe (pulg)	5,5		5,5		5,5	
Número de boquillas broca	8		7		6	
Presión máxima superficie (psi)	800					

Luego de realizar el cálculo de los parámetros hidráulicos del Pozo Aguatico 20D, utilizando la información del pozo y de parámetros operacionales descritos en la Tabla 4.25, se han obtenido los resultados que se presentan a continuación en la Tabla 4.26.

Tabla 4.26. Resultados calculados de parámetros de hidráulica de perforación del pozo AGR 20D

POZO AGR 20D	Sección 16 "		Sección 12,25"		Sección 8,5"	
	Min.	Máx.	Min.	Máx.	Min.	Máx.
Caudal inicial (gpm)	640	640	490	490	340	340
Velocidad anular (pies/min)	69,40	69,40	100,12	100,12	198,17	198,17
Número de Reynolds	20729,09	9532,61	4875,57	4931,29	9191,19	9191,19
Factor de fricción	1,52E-05	3,31E-05	6,48E-05	6,41E-05	3,44E-05	3,44E-05
Pérdidas de Presión (psi)	0,57	33,95	191,45	391,90	1303,82	1989,89
Presión en la broca (psi)	799,43	766,05	608,55	408,10	503,82	1189,89
Caudal óptimo (gpm)	1,34	43,48	145,10	266,96	515,24	738,38
<i>Qopt secciones (gpm)</i>	22,41		206,03		626,81	
<i>Qopt pozo (gpm)</i>	369,86					
Área óptima de los jets (pulg ²)	0,38	0,42	0,45	0,60	0,77	1,35
Diámetro boquillas (##/32 pulg)	7,88	8,24	9,16	10,61	12,90	17,15
Velocidad de flujo jets (pies/seg)	310,35	283,82	262,36	195,79	154,42	87,38
Fuerza de Impacto (lb)	547,17	498,31	492,72	442,75	245,62	197,59
Caballos de fuerza broca (HP)	0,07	2,79	8,30	18,38	24,95	50,83
<i>HSI (HP/pulg²)</i>	0,0004	0,0138	0,0702	0,1555	0,4386	0,8935
<i>HSI sección (HP/pulg²)</i>	0,01		0,11		0,67	
<i>HSI pozo (HP/pulg²)</i>	0,45					

4.2.13. PARÁMETROS CALCULADOS DEL POZO AGUARICO 34D (AGR 34D)

La Tabla 4.27, presenta los datos obtenidos del reporte final de perforación del Pozo AGR 34D, utilizando esta información se realizó el cálculo de los parámetros hidráulicos, descrito anteriormente en este Capítulo para este pozo.

Tabla 4.27. Datos del Pozo AGR 34D

DATOS AGR 34D	Sección 16 "		Sección 12,25"		Sección 8,5"	
	Min.	Máx.	Min.	Máx.	Min.	Máx.
Profundidad (pies)	265	5276	5276	9021	9021	9650
Viscosidad Fluido (cP)	2	12	8	37	13	18
Densidad Fluido (lpg)	9	10,8	9,8	11,5	8,9	9,4
Diámetro broca (pulg)	16		12,25		8,5	
Diámetro Drill Pipe (pulg)	5,5		5,5		5,5	
Número de boquillas broca	8		7		6	
Presión máxima superficie (psi)	800					

Luego de realizar el cálculo de los parámetros hidráulicos del Pozo Aguatico 34D, utilizando la información del pozo y de parámetros operacionales descritos en la Tabla 4.27, se han obtenido los resultados que se presentan a continuación en la Tabla 4.28.

Tabla 4.28. Resultados calculados de parámetros de hidráulica de perforación del pozo AGR 34D

POZO AGR 34D	Sección 16 "		Sección 12,25"		Sección 8,5"	
	Min.	Máx.	Min.	Máx.	Min.	Máx.
Caudal inicial (gpm)	640	640	490	490	340	340
Velocidad anular (pies/min)	69,40	69,40	100,12	100,12	198,17	198,17
Número de Reynolds	50696,14	10139,23	12798,37	3247,24	6292,43	4799,84
Factor de fricción	6,2E-06	3,1E-05	2,5E-05	9,7E-05	5,0E-05	6,6E-05
Pérdidas de Presión (psi)	0,26	31,57	73,48	581,05	2045,76	3030,09
Presión en la broca (psi)	799,74	768,43	726,52	218,95	1245,76	2230,09
Caudal óptimo (gpm)	0,70	40,88	64,22	373,25	755,98	1056,10
<i>Qopt secciones (gpm)</i>	20,79		218,74		906,04	
<i>Qopt pozo (gpm)</i>	528,40					
Área óptima de los jets (pulg ²)	0,54	0,59	0,59	1,16	0,74	1,33
Diámetro boquillas (##/32 pulg)	9,37	9,80	10,48	14,72	12,67	17,00
Velocidad de flujo jets (pies/seg)	313,84	286,50	286,66	145,27	228,67	127,11
Fuerza de Impacto (lb)	773,31	747,12	769,13	457,39	557,20	327,13
Caballos de fuerza broca (HP)	0,04	2,58	3,67	25,04	39,25	57,92
<i>HSI (HP/pulg²)</i>	0,00018	0,01278	0,03108	0,21194	0,69001	1,01810
<i>HSI sección (HP/pulg²)</i>	0,006		0,122		0,854	
<i>HSI pozo (HP/pulg²)</i>	0,509					

4.2.14. PARÁMETROS CALCULADOS DEL POZO AGUARICO 5B (AGR 34D)

La Tabla 4.29, presenta los datos obtenidos del reporte final de perforación del Pozo AGR 5B, utilizando esta información se realizó el cálculo de los parámetros hidráulicos, descrito anteriormente en este Capítulo para este pozo.

Tabla 4.29. Datos del Pozo AGR 5B

DATOS AGR 5B	Sección 16 "		Sección 12,25"		Sección 8,5"	
	Min.	Máx.	Min.	Máx.	Min.	Máx.
Profundidad (pies)	286	5250	5250	8965	8965	9654
Viscosidad Fluido (cP)	5	14	10	22	13	25
Densidad Fluido (lpg)	9	10,6	9,8	11,8	8,3	11,8
Diámetro broca (pulg)	16		12,25		8,5	
Diámetro Drill Pipe (pulg)	5,5		5,5		5,5	
Número de boquillas broca	8		7		6	
Presión máxima superficie (psi)	800					

Luego de realizar el cálculo de los parámetros hidráulicos del Pozo Aguatico 5B, utilizando la información del pozo y de parámetros operacionales descritos en la Tabla 4.29, se han obtenido los resultados que se presentan a continuación en la Tabla 4.30.

Tabla 4.30. Resultados calculados de parámetros de hidráulica de perforación del pozo AGR 5B

POZO AGR 5B	Sección 16 "		Sección 12,25"		Sección 8,5"	
	Min.	Máx.	Min.	Máx.	Min.	Máx.
Caudal inicial (gpm)	640	640	490	490	340	340
Velocidad anular (pies/min)	69,40	69,40	100,12	100,12	198,17	198,17
Número de Reynolds	20278,46	8529,83	10238,70	5603,74	5868,22	4338,24
Factor de fricción	1,56E-05	3,70E-05	3,09E-05	5,64E-05	5,38E-05	7,28E-05
Pérdidas de Presión (psi)	0,71	36,65	91,39	343,34	2033,06	4210,21
Presión en la broca (psi)	799,29	763,35	708,61	456,66	1233,06	3410,21
Caudal óptimo (gpm)	1,62	46,41	77,33	238,53	751,99	1397,26
<i>Qopt secciones (gpm)</i>	24,02		157,93		1074,62	
<i>Qopt pozo (gpm)</i>	699,44					
Área óptima de los jets (pulg ²)	0,7130	0,7738	0,7902	1,0801	0,8613	1,3953
Diámetro boquillas (##/32 pulg)	10,7797	11,2298	12,1317	14,1837	13,6804	17,4123
Velocidad de flujo jets (pies/seg)	313,7520	289,1045	283,1040	207,1144	259,7386	160,3344
Fuerza de Impacto (lb)	1023,3495	1010,5949	1005,4652	885,7013	781,2849	685,6520
Caballos de fuerza broca (HP)	0,0853	2,8703	4,4214	16,4217	36,4148	96,1942
<i>HSI (HP/pulg²)</i>	0,0004	0,0142	0,0374	0,1390	0,6401	1,6909
<i>HSI sección (HP/pulg²)</i>	0,007		0,088		1,165	
<i>HSI pozo (HP/pulg²)</i>	0,846					

4.2.15. PARÁMETROS CALCULADOS DEL POZO SHUSHUFINDI 209D (SSFD 209D)

La Tabla 4.31, presenta los datos obtenidos del reporte final de perforación del Pozo SSFD 209D, utilizando esta información se realizó el cálculo de los parámetros hidráulicos, descrito anteriormente en este Capítulo para este pozo.

Tabla 4.31. Datos del Pozo SSFD 209D

DATOS SSFD 209D	Sección 16 "		Sección 12,25"		Sección 8,5"	
	Min.	Máx.	Min.	Máx.	Min.	Máx.
Profundidad (pies)	213	5813	5813	9034	9034	9864
Viscosidad Fluido (cP)	4	10	10	23	21	26
Densidad Fluido (lpg)	9,1	11	10,3	11,7	8,5	9,5
Diámetro broca (pulg)	16		12,25		8,5	
Diámetro Drill Pipe (pulg)	5,5		5,5		5,5	
Número de boquillas broca	8		7		6	
Presión máxima superficie (psi)	800					

Luego de realizar el cálculo de los parámetros hidráulicos del Pozo Shushufindi 209D, utilizando la información del pozo y de parámetros operacionales descritos en la Tabla 4.31, se han obtenido los resultados que se presentan a continuación en la Tabla 4.32.

Tabla 4.32. Resultados calculados de parámetros de hidráulica de perforación del pozo SSFD 209D

POZO SSFD 209D	Sección 16 "		Sección 12,25"		Sección 8,5"	
	Min.	Máx.	Min.	Máx.	Min.	Máx.
Caudal inicial (gpm)	640	640	490	490	340	340
Velocidad anular (pies/min)	69,40	69,40	100,12	100,12	198,17	198,17
Número de Reynolds	25629,72	12392,39	10761,08	5314,67	3720,24	3358,32
Factor de fricción	1,23E-05	2,55E-05	2,94E-05	5,95E-05	8,49E-05	9,41E-05
Pérdidas de Presión (psi)	0,42	28,99	101,19	361,71	3309,45	4473,86
Presión en la broca (psi)	799,58	771,01	698,81	438,29	2509,45	3673,86
Caudal óptimo (gpm)	1,04	38,01	84,33	249,35	1138,42	1471,39
<i>Qopt secciones (gpm)</i>	19,53		166,84		1304,90	
<i>Qopt pozo (gpm)</i>	736,22					
Área óptima de los jets (pulg ²)	0,75	0,83	0,86	1,16	0,72	1,36
Diámetro boquillas (##/32 pulg)	11,09	11,63	12,65	14,67	12,52	17,19
Velocidad de flujo jets (pies/seg)	312,08	283,85	274,23	203,77	326,31	173,18
Fuerza de Impacto (lb)	1083,32	1091,05	1077,46	909,45	1058,02	627,60
Caballos de fuerza broca (HP)	0,06	2,44	5,07	17,02	56,46	81,55
<i>HSI (HP/pulg²)</i>	0,0003	0,0121	0,0429	0,1441	0,9924	1,4335
<i>HSI sección (HP/pulg²)</i>	0,006		0,093		1,213	
<i>HSI pozo (HP/pulg²)</i>	0,717					

4.2.16. PARÁMETROS CALCULADOS DEL POZO SHUSHUFINDI 189D (SSFD 189D)

La Tabla 4.33, presenta los datos obtenidos del reporte final de perforación del Pozo SSFD 189D, utilizando esta información se realizó el cálculo de los parámetros hidráulicos, descrito anteriormente en este Capítulo para este pozo.

Tabla 4.33. Datos del Pozo SSFD 189D

DATOS SSFD 189D	Sección 16 "		Sección 12,25"		Sección 8,5"	
	Min.	Máx.	Min.	Máx.	Min.	Máx.
Profundidad (pies)	192	5134	5134	8842	8842	9776
Viscosidad Fluido (cP)	3	9	11	20	16	23
Densidad Fluido (lpg)	8,5	10,8	11	11,5	9,1	9,4
Diámetro broca (pulg)	16		12,25		8,5	
Diámetro Drill Pipe (pulg)	5,5		5,5		5,5	
Número de boquillas broca	8		7		6	
Presión máxima superficie (psi)	800					

Luego de realizar el cálculo de los parámetros hidráulicos del Pozo Shushufindi 189D, utilizando la información del pozo y de parámetros operacionales descritos en la Tabla 4.33, se han obtenido los resultados que se presentan a continuación en la Tabla 4.34.

Tabla 4.34. Resultados calculados de parámetros de hidráulica de perforación del pozo SSFD 189D

POZO SSFD 189D	Sección 16 "		Sección 12,25"		Sección 8,5"	
	Min.	Máx.	Min.	Máx.	Min.	Máx.
Caudal inicial (gpm)	640	640	490	490	340	340
Velocidad anular (pies/min)	69,40	69,40	100,12	100,12	198,17	198,17
Número de Reynolds	31919,79	13518,97	10447,65	6007,40	5227,49	3756,40
Factor de fricción	9,90E-06	2,34E-05	3,02E-05	5,26E-05	6,04E-05	8,41E-05
Pérdidas de Presión (psi)	0,29	23,04	98,31	307,85	2467,90	3922,34
Presión en la broca (psi)	799,71	776,96	701,69	492,15	1667,90	3122,34
Caudal óptimo (gpm)	0,75	31,27	82,28	217,38	886,85	1315,53
<i>Qopt secciones (gpm)</i>	16,01		149,83		1101,19	
<i>Qopt pozo (gpm)</i>	658,14					
Área óptima de los jets (pulg ²)	0,65	0,73	0,79	0,97	0,78	1,35
Diámetro boquillas (##/32 pulg)	10,31	10,94	12,14	13,42	12,99	17,11
Velocidad de flujo jets (pies/seg)	322,93	286,49	265,91	217,80	270,91	156,28
Fuerza de Impacto (lb)	936,04	955,11	997,44	854,11	840,66	500,95
Caballos de fuerza broca (HP)	0,04	1,97	5,28	14,58	47,08	72,15
<i>HSI (HP/pulg²)</i>	0,00018	0,00977	0,04469	0,12343	0,82765	1,26819
<i>HSI sección (HP/pulg²)</i>	0,005		0,084		1,048	
<i>HSI pozo (HP/pulg²)</i>	0,634					

4.2.17. PARÁMETROS CALCULADOS DEL POZO SHUSHUFINDI 141D (SSFD 141D)

La Tabla 4.35, presenta los datos obtenidos del reporte final de perforación del Pozo SSFD 141D, utilizando esta información se realizó el cálculo de los parámetros hidráulicos, descrito anteriormente en este Capítulo para este pozo.

Tabla 4.35. Datos del Pozo SSFD 141D

DATOS SSFD 141D	Sección 16 "		Sección 12,25"		Sección 8,5"	
	Min.	Máx.	Min.	Máx.	Min.	Máx.
Profundidad (pies)	190	5319	5319	8966	8966	9620
Viscosidad Fluido (cP)	4	12	7	19	13	18
Densidad Fluido (lpg)	8,8	10,6	9,7	10,6	8,9	9,1
Diámetro broca (pulg)	16		12,25		8,5	
Diámetro Drill Pipe (pulg)	5,5		5,5		5,5	
Número de boquillas broca	8		7		6	
Presión máxima superficie (psi)	800					

Luego de realizar el cálculo de los parámetros hidráulicos del Pozo Shushufindi 141D, utilizando la información del pozo y de parámetros operacionales descritos en la Tabla 4.35, se han obtenido los resultados que se presentan a continuación en la Tabla 4.36.

Tabla 4.36. Resultados calculados de parámetros de hidráulica de perforación del pozo SSFD 141D

POZO SSFD 141D	Sección 16 "		Sección 12,25"		Sección 8,5"	
	Min.	Máx.	Min.	Máx.	Min.	Máx.
Caudal inicial (gpm)	640	640	490	490	340	340
Velocidad anular (pies/min)	69,40	69,40	100,12	100,12	198,17	198,17
Número de Reynolds	24784,78	9951,47	14477,46	5828,69	6292,43	4646,66
Factor de fricción	1,27E-05	3,18E-05	2,18E-05	5,42E-05	5,02E-05	6,80E-05
Pérdidas de Presión (psi)	0,38	31,83	64,82	296,56	2033,29	3020,67
Presión en la broca (psi)	799,62	768,17	735,18	503,44	1233,29	2220,67
Caudal óptimo (gpm)	0,95	41,16	57,72	210,57	752,06	1053,31
<i>Qopt secciones (gpm)</i>	<i>21,05</i>		<i>134,15</i>		<i>902,68</i>	
<i>Qopt pozo (gpm)</i>	<i>527,13</i>					
Área óptima de los jets (pulg ²)	0,53	0,58	0,58	0,73	0,74	1,32
Diámetro boquillas (##/32 pulg)	9,30	9,75	10,41	11,70	12,68	16,96
Velocidad de flujo jets (pies/seg)	317,36	289,16	289,85	229,45	227,77	127,32
Fuerza de Impacto (lb)	762,78	737,16	767,89	664,27	553,67	316,45
Caballos de fuerza broca (HP)	0,05	2,55	3,27	13,02	39,05	55,92
<i>HSI (HP/pulg²)</i>	0,00024	0,01263	0,02765	0,11021	0,68643	0,98299
<i>HSI sección (HP/pulg²)</i>	<i>0,006</i>		<i>0,069</i>		<i>0,835</i>	
<i>HSI pozo (HP/pulg²)</i>	<i>0,492</i>					

4.2.18. PARÁMETROS CALCULADOS DEL POZO SHUSHUFINDI 247D (SSFD 247D)

La Tabla 4.37, presenta los datos obtenidos del reporte final de perforación del Pozo SSFD 247D, utilizando esta información se realizó el cálculo de los parámetros hidráulicos, descrito anteriormente en este Capítulo para este pozo.

Tabla 4.37. Datos del Pozo SSFD 247D

DATOS SSFD 247D	Sección 16 "		Sección 12,25"		Sección 8,5"	
	Min.	Máx.	Min.	Máx.	Min.	Máx.
Profundidad (pies)	279	5249	5249	9002	9002	9637
Viscosidad Fluido (cP)	2	6	9	24	12	14
Densidad Fluido (lpg)	9,6	10,6	8,9	10,6	9,8	10
Diámetro broca (pulg)	16		12,25		8,5	
Diámetro Drill Pipe (pulg)	5,5		5,5		5,5	
Número de boquillas broca	8		7		6	
Presión máxima superficie (psi)	800					

Luego de realizar el cálculo de los parámetros hidráulicos del Pozo Shushufindi 247D, utilizando la información del pozo y de parámetros operacionales descritos en la Tabla 4.37, se han obtenido los resultados que se presentan a continuación en la Tabla 4.38.

Tabla 4.38. Resultados calculados de parámetros de hidráulica de perforación del pozo SSFD 247D

POZO SSFD 247D	Sección 16 "		Sección 12,25"		Sección 8,5"	
	Min.	Máx.	Min.	Máx.	Min.	Máx.
Caudal inicial (gpm)	640	640	490	490	340	340
Velocidad anular (pies/min)	69,40	69,40	100,12	100,12	198,17	198,17
Número de Reynolds	54075,89	19902,93	10331,57	4614,38	7506,14	6565,14
Factor de fricción	5,84E-06	1,59E-05	3,06E-05	6,85E-05	4,21E-05	4,81E-05
Pérdidas de Presión (psi)	0,28	15,71	82,24	376,10	1884,42	2353,57
Presión en la broca (psi)	799,72	784,29	717,76	423,90	1084,42	1553,57
Caudal óptimo (gpm)	0,73	22,56	70,69	257,77	704,93	851,76
<i>Qopt secciones (gpm)</i>	<i>11,65</i>		<i>164,23</i>		<i>778,35</i>	
<i>Qopt pozo (gpm)</i>	<i>426,25</i>					
Área óptima de los jets (pulg ²)	0,45	0,47	0,46	0,65	0,70	1,33
Diámetro boquillas (##/32 pulg)	8,55	8,77	9,22	10,98	12,33	16,99
Velocidad de flujo jets (pies/seg)	303,87	289,18	298,99	210,54	194,96	102,62
Fuerza de Impacto (lb)	644,26	576,99	587,68	492,88	421,96	226,63
Caballos de fuerza broca (HP)	0,04	1,40	3,67	15,94	40,31	49,69
<i>HSI (HP/pulg²)</i>	0,0002	0,0069	0,0311	0,1349	0,7085	0,8735
<i>HSI sección (HP/pulg²)</i>	<i>0,004</i>		<i>0,083</i>		<i>0,791</i>	
<i>HSI pozo (HP/pulg²)</i>	<i>0,437</i>					

4.2.19. PARÁMETROS CALCULADOS DEL POZO SHUSHUFINDI 169D (SSFD 169D)

La Tabla 4.39, presenta los datos obtenidos del reporte final de perforación del Pozo SSFD 169D, utilizando esta información se realizó el cálculo de los parámetros hidráulicos, descrito anteriormente en este Capítulo para este pozo.

Tabla 4.39. Datos del Pozo SSFD 169D

DATOS SSFD 169D	Sección 16 "		Sección 12,25"		Sección 8,5"	
	Min.	Máx.	Min.	Máx.	Min.	Máx.
Profundidad (pies)	227	5878	5878	9053	9053	9765
Viscosidad Fluido (cP)	4	10	9	23	14	25
Densidad Fluido (lpg)	9	11	10,3	11,5	9,4	10,4
Diámetro broca (pulg)	16		12,25		8,5	
Diámetro Drill Pipe (pulg)	5,5		5,5		5,5	
Número de boquillas broca	8		7		6	
Presión máxima superficie (psi)	800					

Luego de realizar el cálculo de los parámetros hidráulicos del Pozo Shushufindi 169D, utilizando la información del pozo y de parámetros operacionales descritos en la Tabla 4.39, se han obtenido los resultados que se presentan a continuación en la Tabla 4.40.

Tabla 4.40. Resultados calculados de parámetros de hidráulica de perforación del pozo SSFD 169D

POZO SSFD 169D	Sección 16 "		Sección 12,25"		Sección 8,5"	
	Min.	Máx.	Min.	Máx.	Min.	Máx.
Caudal inicial (gpm)	640	640	490	490	340	340
Velocidad anular (pies/min)	69,40	69,40	100,12	100,12	198,17	198,17
Número de Reynolds	25348,07	12392,39	11956,76	5223,83	6171,23	3823,54
Factor de fricción	1,25E-05	2,55E-05	2,64E-05	6,05E-05	5,12E-05	8,26E-05
Pérdidas de Presión (psi)	0,45	29,31	92,09	362,47	2210,94	4258,62
Presión en la broca (psi)	799,55	770,69	707,91	437,53	1410,94	3458,62
Caudal óptimo (gpm)	1,10	38,37	77,83	249,80	807,63	1410,92
<i>Qopt secciones (gpm)</i>	19,74		163,82		1109,28	
<i>Qopt pozo (gpm)</i>	706,01					
Área óptima de los jets (pulg ²)	0,72	0,80	0,82	1,10	0,86	1,37
Diámetro boquillas (##/32 pulg)	10,83	11,39	12,34	14,31	13,70	17,27
Velocidad de flujo jets (pies/seg)	313,80	283,85	276,01	205,36	261,47	164,59
Fuerza de Impacto (lb)	1033,13	1042,17	1039,96	863,90	899,11	626,18
Caballos de fuerza broca (HP)	0,06	2,46	4,68	16,76	44,29	85,61
<i>HSI (HP/pulg²)</i>	0,0003	0,0122	0,0396	0,1418	0,7786	1,5048
<i>HSI sección (HP/pulg²)</i>	0,006		0,091		1,142	
<i>HSI pozo (HP/pulg²)</i>	0,753					

4.2.20. PARÁMETROS CALCULADOS DEL POZO SHUSHUFINDI 250D (SSFD 250D)

La Tabla 4.41, presenta los datos obtenidos del reporte final de perforación del Pozo SSFD 250D, utilizando esta información se realizó el cálculo de los parámetros hidráulicos, descrito anteriormente en este Capítulo para este pozo.

Tabla 4.41. Datos del Pozo SSFD 250D

DATOS SSFD 250D	Sección 16 "		Sección 12,25"		Sección 8,5"	
	Min.	Máx.	Min.	Máx.	Min.	Máx.
Profundidad (pies)	301	5245	5245	9051	9051	9691
Viscosidad Fluido (cP)	2	6	9	23	12	14
Densidad Fluido (lpg)	9,3	10,6	9,8	10,6	8,34	9,2
Diámetro broca (pulg)	16		12,25		8,5	
Diámetro Drill Pipe (pulg)	5,5		5,5		5,5	
Número de boquillas broca	8		7		6	
Presión máxima superficie (psi)	800					

Luego de realizar el cálculo de los parámetros hidráulicos del Pozo Shushufindi 250D, utilizando la información del pozo y de parámetros operacionales descritos en la Tabla 4.41, se han obtenido los resultados que se presentan a continuación en la Tabla 4.42.

Tabla 4.42. Resultados calculados de parámetros de hidráulica de perforación del pozo SSFD 250D

POZO SSFD 250D	Sección 16 "		Sección 12,25"		Sección 8,5"	
	Min.	Máx.	Min.	Máx.	Min.	Máx.
Caudal inicial (gpm)	640	640	490	490	340	340
Velocidad anular (pies/min)	69,40	69,40	100,12	100,12	198,17	198,17
Número de Reynolds	52386,02	19902,93	11376,33	4815,00	6387,88	6039,93
Factor de fricción	6,03E-06	1,59E-05	2,78E-05	6,56E-05	4,95E-05	5,23E-05
Pérdidas de Presión (psi)	0,30	15,69	82,18	362,39	1894,67	2366,75
Presión en la broca (psi)	799,70	784,31	717,82	437,61	1094,67	1566,75
Caudal óptimo (gpm)	0,78	22,55	70,64	249,75	708,20	855,82
<i>Qopt secciones (gpm)</i>	<i>11,66</i>		<i>160,20</i>		<i>782,01</i>	
<i>Qopt pozo (gpm)</i>	<i>428,30</i>					
Área óptima de los jets (pulg ²)	0,44	0,47	0,48	0,64	0,67	1,32
Diámetro boquillas (##/32 pulg)	8,50	8,79	9,46	10,92	12,06	16,91
Velocidad de flujo jets (pies/seg)	308,73	289,18	284,94	213,92	204,72	104,15
Fuerza de Impacto (lb)	637,17	580,24	619,68	503,20	378,89	212,63
<i>HSI (HP/pulg²)</i>	0,04	1,39	4,04	15,45	34,46	45,94
Caballaje pulg. cuadrada (HP/pulg ²)	0,0002	0,0069	0,0342	0,1307	0,6057	0,8075
<i>HSI sección (HP/pulg²)</i>	<i>0,004</i>		<i>0,082</i>		<i>0,707</i>	
<i>HSI pozo (HP/pulg²)</i>	<i>0,404</i>					

4.3. RESULTADOS GENERALES DE LOS PARÁMETROS CALCULADOS DEL CAMPO SHUSHUFINDI - AGUARICO

Se han obtenido los resultados del cálculo de los dos parámetros principales parámetros de hidráulica de perforación de cada pozo, estos son galonaje y HSI. Con estos resultados se realizó una media ponderada para establecer valores generales de los mencionados parámetros hidráulicos de la muestra de pozos estudiada del Campo Shushufindi – Aguatico, lo cual facilitará la comparación de los parámetros calculados con los parámetros reales aplicados en la perforación de los pozos analizados.

La Tabla 4.43, describe los resultados ponderados de los parámetros de hidráulica de perforación calculados para la muestra de pozos de estudio del Campo Shushufindi – Aguatico.

Tabla 4.43. Resultados generales calculados de parámetros de hidráulica de perforación del Campo Shushufindi – Aguatico

RESULTADOS CALCULADOS CAMPO SHUSHUFINDI AGUARICO	Sección 16 "		Sección 12,25"		Sección 8,5"	
	Min.	Máx.	Min.	Máx.	Min.	Máx.
Caudal óptimo (gpm)	0,78	22,55	70,64	249,75	708,20	855,82
<i>Qopt secciones (gpm)</i>	11,66		160,20		782,01	
<i>Qopt pozos (gpm)</i>	428,30					
<i>HSI (HP/pulg²)</i>	0,0002	0,0069	0,0342	0,1307	0,6057	0,8075
<i>HSI sección (HP/pulg²)</i>	0,004		0,082		0,707	
<i>HSI pozos (HP/pulg²)</i>	0,404					

4.3. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Para establecer los parámetros de hidráulica de perforación óptimos que deben aplicarse en la perforación de pozos en el Campo Shushufindi – Aguarico, es necesario comparar los parámetros aplicados en los pozos estudiados, los cuales han sido perforados en tiempos cortos y sin problemas mayores que puedan haber sido causados por la hidráulica utilizada en relación a los parámetros referenciales calculados.

La Figura 4.1 muestra los valores de galonaje (caudal), tanto de los parámetros obtenidos del análisis de la muestra significativa de pozos realizada en el Capítulo III, como de los parámetros calculados previamente en el presente capítulo. De la misma manera, la Figura 4.2, representa los valores de HSI calculados, junto con los aplicados. Todo esto, con el objeto de facilitar la comparación de dichos parámetros.

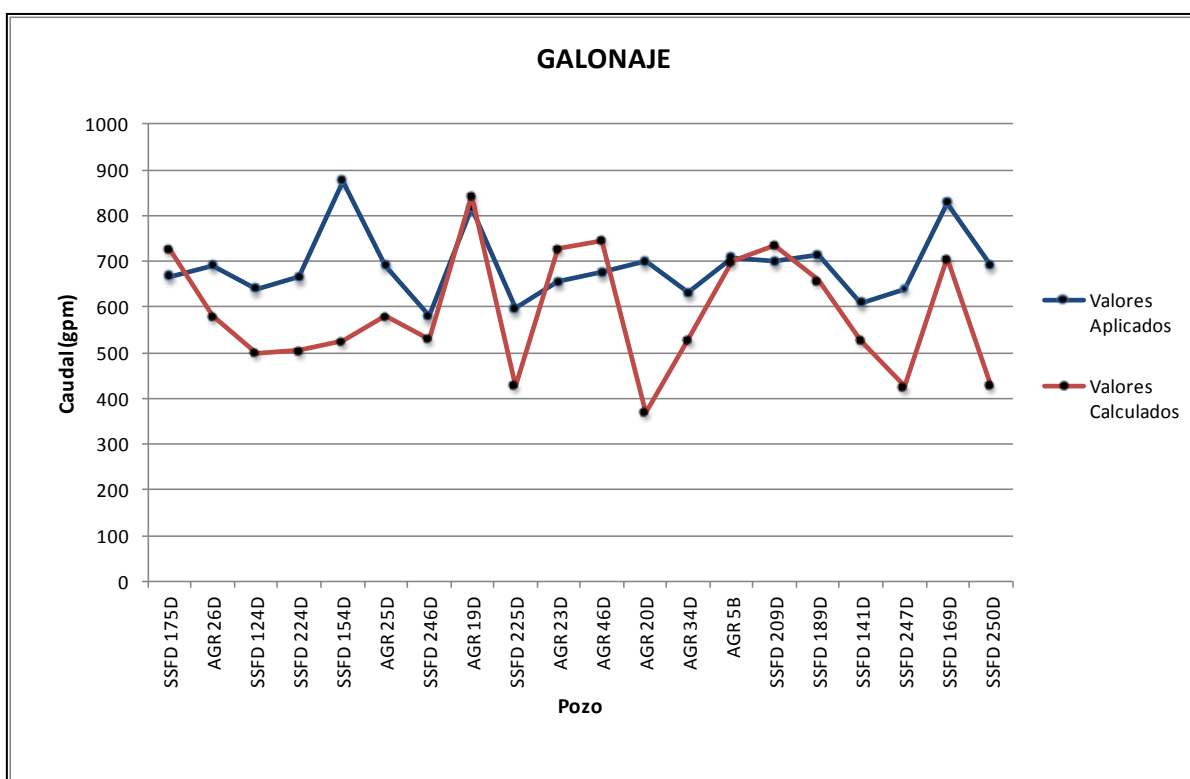


Figura 4.1. Galonaje Calculado/Aplicado Pozos Campo Shushufindi – Aguarico

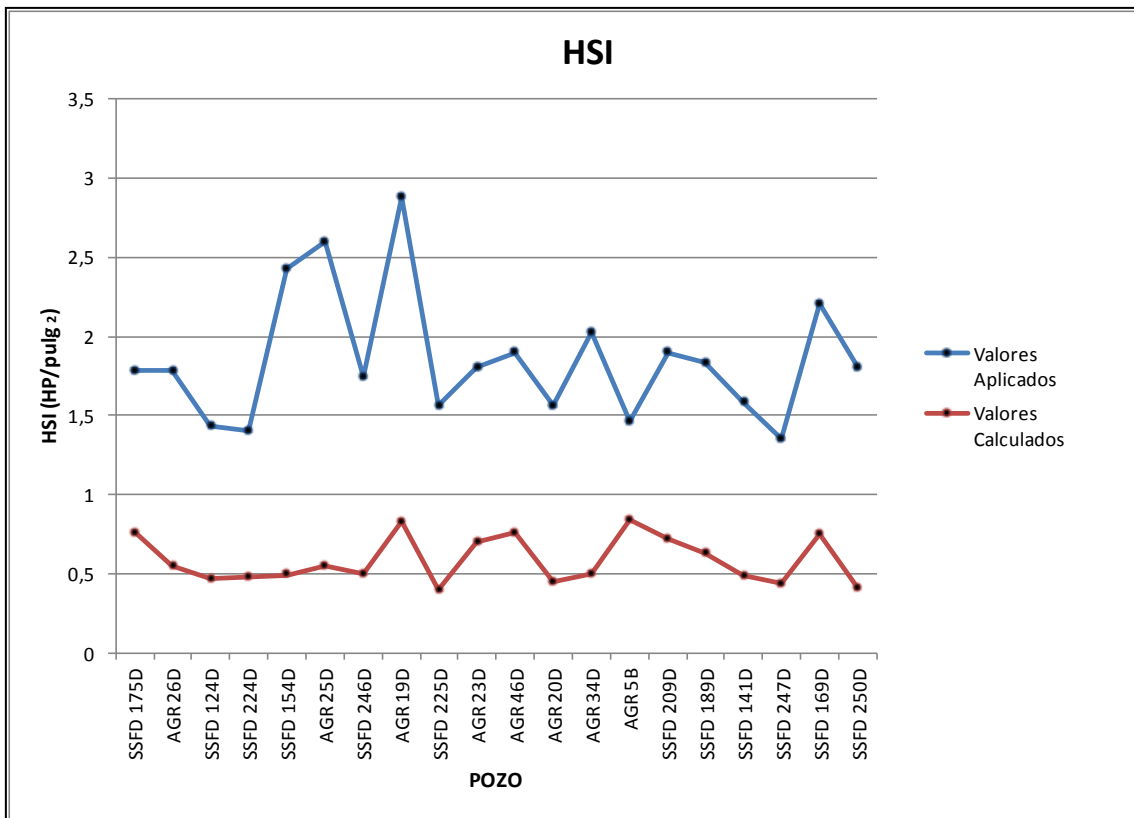


Figura 4.2. Galonaje Calculado/Aplicado Pozos Campo Shushufindi – Aguarico

Una vez comparados los parámetros de Galonaje y HSI de la hidráulica de perforación de cada pozo, se establece la comparación de los resultados generales ponderados aplicados con los parámetros de hidráulica calculados en el Campo Shushufindi - Aguarico

La Tabla 4.44, muestra los resultados ponderados generales de los parámetros calculados junto con los parámetros aplicados.

Los valores de los parámetros de hidráulica de perforación aplicados representados en la Tabla 4.43, fueron extraídos de la Tabla 3.21, representando los resultados ponderados de los parámetros aplicados analizados de la muestra de pozos estudiados y de la Tabla 4.42 que representa los resultados generales de los parámetros calculados.

Tabla 4.44. Parámetros Calculados/Aplicados de hidráulica de perforación del Campo Shushufindi – Aguarico

PARÁMETROS DE HIDRÁULICA DE PERFORACIÓN CAMPO SHUSHUFINDI - AGUARICO						
CALCULADOS	Sección 16 "		Sección 12,25"		Sección 8,5"	
	Min.	Máx.	Min.	Máx.	Min.	Máx.
Caudal óptimo (gpm)	0,78	22,55	70,64	249,75	708,2	855,82
Qopt secciones (gpm)	11,66		160,2		782,01	
Qopt pozos (gpm)	428,3					
HSI (HP/pulg ²)	0,0002	0,0069	0,0342	0,1307	0,6057	0,8075
HSI sección (HP/pulg ²)	0,004		0,082		0,707	
HSI pozos (HP/pulg²)	0,404					
APLICADOS	Sección 16 "		Sección 12,25"		Sección 8,5"	
	Min.	Máx.	Min.	Máx.	Min.	Máx.
Caudal óptimo (gpm)	541,5	1054,5	667,5	959	421,1	487
Qopt secciones (gpm)	798		813,25		454,05	
Qopt pozos (gpm)	688,43					
HSI (HP/pulg ²)	0,7645	3,056	1,36	3,3575	1,1075	1,505
HSI sección (HP/pulg ²)	1,91025		2,35875		1,30625	
HSI pozos (HP/pulg²)	1,85					

Finalmente las Figuras 4.3 y 4.4 muestran los resultados ponderados, útiles para realizar la comparación de los parámetros de hidráulica de perforación aplicados y calculados de galonaje y HSI respectivamente en el Campo Shushufindi – Aguarico y para poder decidir cuáles son los parámetros óptimos de hidráulica para la perforación de pozos en este Campo.

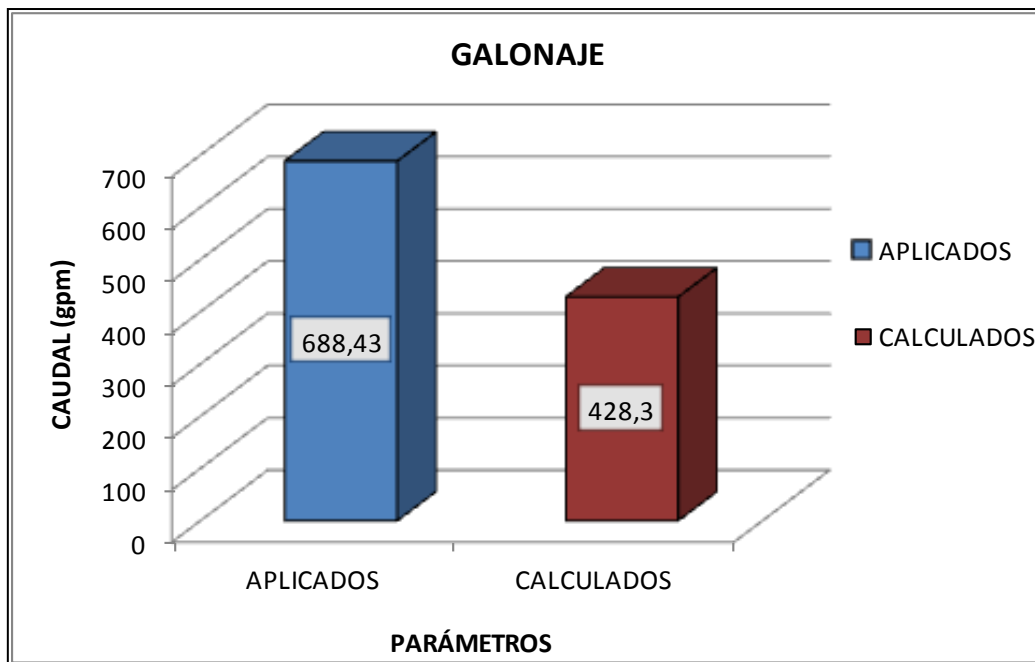


Figura 4.3. Galonajes ponderados Calculado/Aplicado Pozos Campo Shushufindi – Aguarico

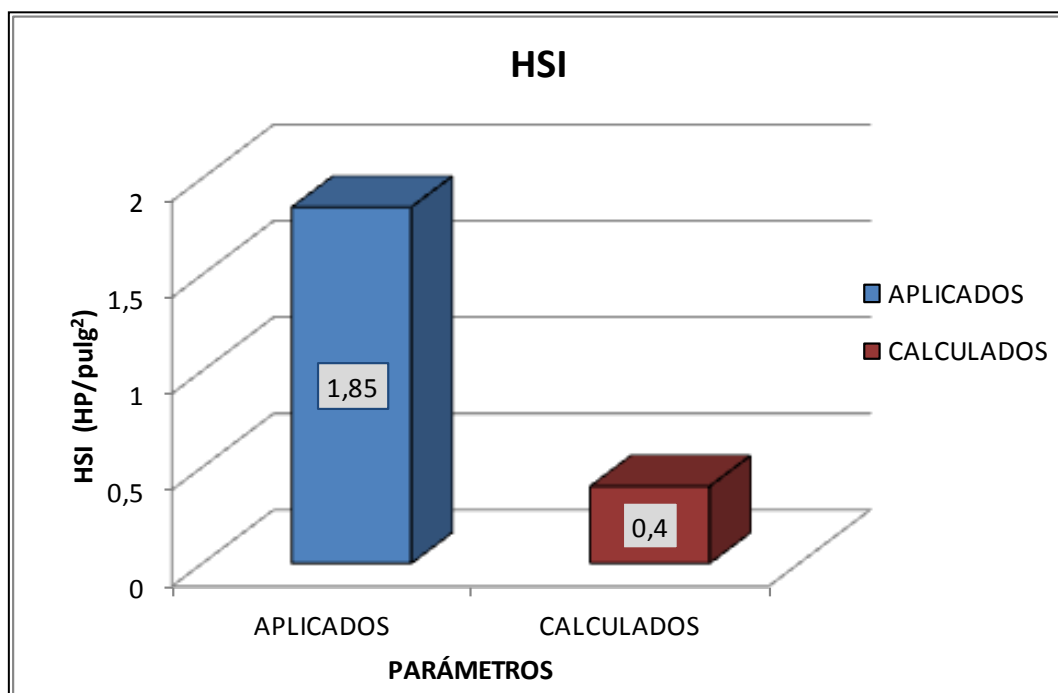


Figura 4.4. HSI ponderado Calculado/Aplicado Pozos Campo Shushufindi – Aguarico

El análisis de los parámetros de hidráulica presentados en las Figuras 4.1 y 4.2, muestra claramente que los valores de los parámetros aplicados en la perforación de pozos en el Campo Shushufindi – Aguarico son mayores a los parámetros calculados, lo cual se representa en valores ponderados en la Tabla 4.44.

Si se sobreponen las curvas de galonaje aplicado y calculado sobre las curvas de HSI aplicado y calculado de las Figuras 4.1 y 4.2, se puede observar que existe gran similitud en su forma, por lo que se puede determinar una dependencia proporcional de estos dos valores, teniendo que, a mayor galonaje existe un incremento del HSI.

En la Tabla 4.44, es fácilmente apreciable que los valores ponderados de los parámetros de galonaje y de HSI de hidráulica de perforación aplicados en el Campo Shushufindi – Aguarico son mayores a los calculados, se observa un valor considerablemente más alto de HSI, el cual, es un indicativo de la eficiencia de la limpieza de los recortes de perforación, lo que contribuye al desempeño de la perforación traducido en el ROP.

Los resultados de HSI calculados son bajos, menores a uno en todos los casos, lo que puede deberse a que la secuencia de cálculo tomada como procedimiento para obtener el caudal y el HSI no toma en cuenta los límites de fractura de las formaciones, razón por la cual este valor únicamente es referencial y teórico, que como se pudo observar para este caso, es mucho menor al real aplicado en operaciones de campo.

Existe una diferencia favorable de alrededor del 25% entre galonaje aplicado y el calculado (250 gpm) lo que representa un incremento del valor del HSI aplicado de 1.4 HP/pulg² en relación al HSI calculado. Aunque los valores del HSI aplicado son más altos, en ninguna de las secciones de construcción del pozo, exceden los límites de fracturamiento de la formación, valores que se encuentran entre 1.5 – 2 para calizas y lutitas y de 4 – 5 en arenas y areniscas mencionados en segundo capítulo del presente estudio.

Gracias a que los resultados obtenidos luego del análisis y del cálculo realizado para obtener el parámetro de HSI, favorecen a los parámetros aplicados, se justifica el excedente del galonaje aplicado en relación al calculado, haciendo posible que estos parámetros sean recomendablemente aplicados y tomados como referencia para el monitoreo y control de los parámetros de hidráulica de perforación en la construcción de nuevos pozos en el Campo Shushufindi – Aguarico.

La Tabla 4.45, muestra los valores óptimos de hidráulica de perforación obtenidos después del análisis de los parámetros aplicados comparados con los parámetros calculados.

En esta tabla se incluyen los parámetros principales de la hidráulica de perforación, como son el galonaje y el HSI, misma que puede ser tomada como matriz de control de parámetros de hidráulica de perforación.

Los valores presentados en la matriz de control son los valores encontrados a partir del análisis de los parámetros de hidráulica aplicados aproximados a un valor superior cercano para facilitar su medición y control.

A manera de complemento útil para el seguimiento y monitoreo, se incluyen otros parámetros tomados del análisis de los reportes de perforación de los pozos estudiados en el presente trabajo, tales como, las profundidades mínimas y máximas ponderadas de cada sección, la densidad del fluido de perforación, la rata de penetración (ROP) y el tiempo estimado de perforación de un pozo en el Campo Shushufindi – Aguarico.

Tabla 4.45. Matriz de parámetros de hidráulica de perforación del Campo Shushufindi - Aguarico

MATRIZ DE PARÁMETROS DE HIDRÁULICA DE PERFORACIÓN CAMPO SHUSHUFINDI - AGUARICO						
PARÁMETRO	Sección 16 "		Sección 12,25"		Sección 8,5"	
	Min.	Máx.	Min.	Máx.	Min.	Máx.
Profundidad TVD (pies)	237	5355	5355	8990	8990	9680
Caudal (gpm)	550	1060	670	1000	425	490
Caudal secciones (gpm)	800		820		450	
Caudal promedio (gpm)	690					
HSI (HP/pulg²)	0,76	3,06	1,36	3,36	1,11	1,51
HSI promedio secciones (HP/pulg²)	1,91		2,36		1,31	
HSI promedio (HP/pulg²)	1,86					
MW (lp/g)	8,90	10,7	9,85	11	9	9,75
MW promedio secciones (lp/g)	9,8		10,5		9,5	
MW promedio (lp/g)	9,85					
ROP (pie/seg)	90	315	65	230	50	115
ROP secciones (pie/seg)	200		150		80	
ROP promedio (pie/seg)	145					
Días de Perforación	28					

CAPÍTULO V

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En base al análisis de los reportes de perforación, al cálculo complementario realizado, a la consulta de expertos en operaciones de perforación en campo conjuntamente con el análisis del personal del área de perforación encargada del monitoreo y control de la ARCH, se concluye y recomienda lo siguiente:

5.1. CONCLUSIONES

- Los parámetros de hidráulica durante la perforación dependen del funcionamiento adecuado de todos los elementos que intervienen en la operación, especialmente de las condiciones mecánicas del equipo que se utiliza, como por ejemplo, la potencia del taladro, la capacidad de las combas de lodo y el diseño de las brocas que se utilizan en la construcción de cada sección, lo cual se evidenció en el análisis de la perforación de cada pozo en el Capítulo III, en donde se observó que la mayoría de horas de NPT, fueron causadas por fallas mecánicas del taladro.
- Los parámetros de galonaje y HSI están relacionados en proporción directa entre sí, los cálculos demuestran que con mayor galonaje se obtiene un mejor valor de HSI, como muestran las Figura 4.3 y 4.4 , y a su vez, ambos parámetros determinan la rata de penetración (ROP); con mayor galonaje y un valor relativamente alto de HSI, se obtiene una mejor rata de penetración, sin embargo, no se debe exceder el rango de HSI establecido para la formación que se atraviesa, lo cual es uno de los limitantes en la velocidad de perforación de un pozo.

- En perforación, los parámetros de hidráulica se aplican en base a las condiciones y las necesidades en tiempo real de la operación, a las disposiciones mecánicas de los equipos del taladro y a los parámetros máximos permisibles para evitar daños en la formación o poner en riesgo la operación, por lo que, los parámetros calculados se pueden considerar como parámetros teóricos de referencia.
- Los parámetros de hidráulica aplicados en la perforación de pozos en el Campo Shushufindi Aguarico durante el tiempo de estudio establecido, mostrados en la Tabla 3.21, demuestran ser los más adecuados, ya que sus valores de galonaje y HSI son más altos que los calculados, lo que resulta en una ROP óptima para esta litología en particular, cuyo resultado se refleja en pozos perforados en tiempos relativamente cortos, en promedio de 28 días, en relación a pozos perforados en otros campos.
- Los parámetros aplicados durante la perforación de los pozos estudiados son una referencia ideal para la aplicación en la perforación y para el monitoreo y control de operaciones en pozos futuros, puesto que, fueron aplicados en función de condiciones reales y de la litología atravesada durante la perforación, presentando buenos resultados finales, cortos tiempos de perforación, y muy pocos casos en los que se excedió el tiempo planificado para la perforación de un pozo, en su mayoría causado por fallas mecánicas del equipo de perforación.

5.2. RECOMENDACIONES

- De acuerdo a la litología encontrada en el Campo Shushufindi Aguarico se recomienda no exceder el valor de HSI de 4 HP/pulg², caso contrario, se puede ocasionar un fracturamiento en la formación debido a la sobre potencia del sistema hidráulico, lo cual, sin duda es contraproducente en la perforación de un pozo.

- Es recomendable realizar un estudio detallado que logre establecer una secuencia de cálculo de diseño de parámetros de hidráulica de perforación en la que intervengan correlaciones específicas que consideren los límites de fractura de las formaciones para poder conseguir resultados teóricos referenciales más próximos a los parámetros óptimos aplicados.
- Se recomienda utilizar equipos, en este caso, taladros de perforación, que se encuentren en condiciones mecánicas óptimas, cuyas bombas de lodo tengan durante toda la operación la capacidad de proveer el galonaje necesario para mantener en valores óptimos los parámetros de galonaje y HSI, fundamentales para mantener un ROP adecuado.
- Es recomendable realizar estudios y pruebas de resistencia en las formaciones que componen la columna estratigráfica de los Campos petroleros del Oriente ecuatoriano, para poder tener rangos permisibles del HSI específicamente para las rocas de nuestra columna estratigráfica y no basarnos en rangos de rocas generales, lo que puede llevar a una optimización del parámetro mencionado.

GLOSARIO

AGR: Abreviatura para el Campo Aguatico.

ARCH: Agencia de Regulación y Control Hidrocarburífera.

API: American Petroleum Institute.

BHA: Bottom Hole Assembly (Ensamblaje de Fondo).

Bls.: Unidad de Volumen, barriles.

Casing: Tubería de revestimiento.

cP: Unidad de medida de viscosidad (CentiPoise).

ft/h: Unidad de medida de velocidad (pies/hora).

gpm: Unidad de medida de caudal (galones por minuto)

HSI: Caballaje hidráulico por pulgada cuadrada del área de la broca

HP: Horse Power, unidad de medida de potencia.

lpg: Unidad de medida de densidad (libra por galón)

LWD: Logging While Drilling (Registro mientras se perfora).

MD: Measured Depht (Profundidad Medida).

MW: Mud Weight (Peso del lodo).

MWD: Measurement While Drilling (Medición mientras se perfora).

NPT: "Non Productive Time" (Tiempo No Productivo).

PDC: Broca de Insertos de Diamante Policristalino.

psi: Unidad de medida de presión “pounds per square inch” (libra por pulgada cuadrada).

pulg.: Abreviación de pulgada, unidad inglesa de medida de longitud.

ROP: “Rate of Penetration” (Rata de Penetración).

RPM: Revoluciones por minuto.

SSFD: Abreviatura para el Campo Shushufindi.

TRC: Broca Tricónica.

TVD: True Vertical Depth (Profundidad Vertical Verdadera).

UTM: “Universal Transverse Mercator”. Sistema de coordenadas de localización a nivel mundial.

WOB: “Weight on Bit” (Peso sobre la broca).

BIBLIOGRAFÍA

- Amyx, J; Bass, D; Whiting, R. (1988). *"Petroleum Reservoir Engineering: Physical Properties"*, Mcgraw-Hill, New York-Usa.
- Baker Hughes INTEQ. (1998). *Fluidos Manual de Ingeniería*. DLS
- Bradley, H. (1992). *"Petroleum Engineering Handbook"*, Society of Petroleum Engineers.
- Cuellar E., Mi Swaco. (2008). *Fluido de perforación, Conceptos básicos*. Schlumberger, Technology group.
- Ferreira C., Serrano M., Baroid Drilling Fluids. *Hidráulica avanzada de perforación*. HALLIBURTON.
- Hawker D., Vogt K., Robinson A. *Procedimientos y operaciones en el pozo*.
- Hawker, D. (2011). *Manual De Perforación, Procedimientos Y Operaciones En El Pozo, Versión No 3*.
- I.A.D.C (International Association Of Drilling Contractors). (2003). *Manual De Perforación*.
- Instituto Americano del Petróleo, API. *Manual de fluidos de perforación*. Dallas, Texas.
- PEMEX, (2000). *Diseño de la perforación de pozos, México*.
- PEMEX, (2000). *Guía de diseño para la hidráulica en la perforación de pozos petroleros, México*.
- PEMEX, (2000). *Barrenas e hidráulica de perforación, México*.
- PEMEX, (2000). *Parámetros para la optimización hidráulica, México*.

- PennWell Books. (1973). *Glosario de la Industria Petrolera*.
- Schlumberger, *Fundamentos teóricos y sistemas de DOWELL SCHLUMBERGER DRILLING FLUIDS*, Venezuela S.A.
- William, L; Carter, T; Lapeyrouse, N. (2001). *Formulas and Calculations for Drilling, Production, and Workover*. Third Edition.