

**UNIVERSIDAD ESTATAL
PENÍNSULA DE SANTA ELENA
FACULTAD DE CIENCIAS EN LA INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA EN PETRÓLEO**



**“EVALUACIÓN DEL RENDIMIENTO TÉCNICO DE BROCAS
EN POZOS PERFORADOS EN EL CENTRO ORIENTE DE LA
AMAZONÍA ECUATORIANA”**

**TESIS DE GRADO
PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE:
INGENIERO EN PETRÓLEO**

**AUTORES:
FRANKLIN GABRIEL RODRÍGUEZ ROMERO
TITO GONZALO BURGOS SUÁREZ**

**TUTOR:
ING.TARQUINO LÓPEZ CADENA
LA LIBERTAD – ECUADOR**

AÑO 2015

UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA

ESCUELA DE INGENIERÍA EN PETRÓLEO

**“EVALUACIÓN DEL RENDIMIENTO TÉCNICO
DE BROCAS EN POZOS PERFORADOS EN EL
CENTRO ORIENTE DE LA AMAZONÍA
ECUATORIANA”**

TESIS DE GRADO

Previo a la obtención del Título de:

INGENIERO EN PETRÓLEO

AUTORES:

FRANKLIN GABRIEL RODRÍGUEZ ROMERO

TITO GONZALO BURGOS SUÁREZ

TUTOR:

ING.TARQUINO LÓPEZ CADENA

LA LIBERTAD – ECUADOR

Año 2015

DECLARACIÓN

Yo, **FRANKLIN GABRIEL RODRÍGUEZ ROMERO**, bajo juramento declaro: que el contenido del presente trabajo investigativo **“EVALUACIÓN DEL RENDIMIENTO TÉCNICO DE BROCAS EN POZOS PERFORADOS EN EL CENTRO ORIENTE DE LA AMAZONÍA ECUATORIANA”** es de mi autoría; que no ha sido presentado para ningún grado o calificación personal; que he consultado las referencias bibliográficas aquí incluidas; y, que concedo con absoluta certeza los derechos de autoría y patrimonio intelectual a la Universidad Estatal Península de Santa Elena.

FRANKLIN GABRIEL RODRÍGUEZ ROMERO
C.I. 0927517144

DECLARACIÓN

Yo, **TITO GONZALO BURGOS SUAREZ**, bajo juramento declaro: que el contenido del presente trabajo investigativo **“EVALUACIÓN DEL RENDIMIENTO TÉCNICO DE BROCAS EN POZOS PERFORADOS EN EL CENTRO ORIENTE DE LA AMAZONÍA ECUATORIANA”** es de mi autoría; que no ha sido presentado para ningún grado o calificación personal; que he consultado las referencias bibliográficas aquí incluidas; y, que concedo con absoluta certeza los derechos de autoría y patrimonio intelectual a la Universidad Estatal Península de Santa Elena.

TITO GONZALO BURGOS SUÁREZ

C.I. 0923314355

APROBACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de Tutor del trabajo de investigación, “**EVALUACIÓN DEL RENDIMIENTO TÉCNICO DE BROCAS EN POZOS PERFORADOS EN EL CENTRO ORIENTE DE LA AMAZONÍA ECUATORIANA**”, elaborado por los señores **FRANKLIN GABRIEL RODRÍGUEZ ROMERO Y TITO GONZALO BURGOS SUÁREZ** , egresados de la Escuela de Ingeniería en Petróleo, Facultad de Ciencias de la Ingeniería de la Universidad Estatal Península de Santa Elena, previo a la obtención del título de Ingeniero en Petróleo, me permito declarar que, luego de orientar, estudiar y revisar su respectivo desarrollo, lo apruebo en todas sus partes.

ING.TARQUINO LÓPEZ CADENA

Tutor

CERTIFICADO DE REVISIÓN DE LA REDACCIÓN Y ORTOGRAFÍA

Después de revisar el contenido del trabajo de los señores **FRANKLIN GABRIEL RODRÍGUEZ ROMERO Y TITO GONZALO BURGOS SUÁREZ**, cuyo tema es “**EVALUACIÓN DEL RENDIMIENTO TÉCNICO DE BROCAS EN POZOS PERFORADOS EN EL CENTRO ORIENTE DE LA AMAZONÍA ECUATORIANA**”, quienes constan como Egresados de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería, Escuela de Ingeniería en Petróleo.

CERTIFICO que este trabajo no presenta ningún error gramatical, por lo tanto puede ser expuesto ante el Tribunal respectivo.

La Libertad, agosto del 2015.

**Dora Rodríguez De la Cruz
LICENCIADA EN
CIENCIAS DE LA EDUCACIÓN**

DEDICATORIA

El presente es dedicado con todas las fuerzas de mi corazón y de mi mente a mi señor Jesucristo a mi hija Scarleth Dasha, a mi madre Rosa Romero y a mi hermana Génesis Rodríguez quienes fueron mi razón mi resistencia y mi perseverancia al alcanzar mi sueño y concluir mis metas como profesional.

FRANKLIN GABRIEL RODRÍGUEZ ROMERO

DEDICATORIA

Con infinito amor y mucho cariño les dedico este trabajo a mis queridos hijos Justin Josué y Kenya Sheyla, ya que con su corta edad han sido mi guía, fuerza y valor para seguir adelante y culminar esta etapa de mis estudios superiores.

TITO GONZALO BURGOS SUÁREZ

AGRADECIMIENTO

A mí Señor Jesucristo, Mi madre Rosa Romero quien ha sido parte fundamental en todo este proceso por la enseñanza de vida que me ha dado para poder llegar hacer un verdadero hombre de perseverancia resistiendo, luchando y jamás dejando de soñar en mi camino y formación como estudiante; a mis hermanos Génesis Rodríguez y Joel Rodríguez por inspirar mi razón y a mi Padre por el apoyo.

A un amigo en especial gracias por tu apoyo incondicional por esas veces que el mundo me daba la espalda pero ahí estuviste gracias Caleñita, a José Espinoza, Juliana Cabanilla, Duvan Zuluaga, Maicol Calvo, Juancho Giraldo y amigos que en mi vida han estado en todo momento dándome su apoyo. Y a cada una de las personas que hicieron posibles cada circunstancia para resistir y no desenfocarme Dios me los cuide y me los guarde.

Al ingeniero Freyre quien ilumino las ideas al momento de emprender este proyecto.

Al ingeniero Tarquino López Cadena, Director de tesis, por sus conocimientos y enseñanzas por la orientación.

Al ingeniero Almir Álvarez Loo, Decano de la Carrera de Ciencias de la Ingeniería de la UPSE, por brindarme su apoyo incondicional en la culminación de este estudio.

Al ingeniero Carlos Portilla Lazo, Director de la Carrera de Ingeniería en Petróleo por sus consejos brindados en todo momento.

FRANKLIN GABRIEL RODRÍGUEZ ROMERO

AGRADECIMIENTO

A Dios, quien en cada paso de mi vida ha estado presente brindándome además de amor, conocimientos y sobre todo las fuerzas necesarias para culminar mis estudios superiores.

Mis padres y hermano, porque estuvieron y están presentes con su apoyo incondicional en todo lo emprendido en mi carrera hasta culminarla con éxito.

A mi cónyuge, por su apoyo constante, por estar a mi lado y acompañarme.

Al ingeniero Tarquino López Cadena, Director de tesis, por sus conocimientos y enseñanzas para la realización de este proyecto.

Al ingeniero Alamir Álvarez Loor, Decano de la Carrera de Ciencias de la Ingeniería de la UPSE, por brindarme su apoyo incondicional en la culminación de este estudio.

Al ingeniero Carlos Portilla Lazo, Director de la Carrera de Ingeniería en Petróleo por sus consejos brindados en todo momento.

A todos y cada uno de los profesores y compañeros de la Universidad Estatal Península de Santa Elena.

TITO GONZALO BURGOS SUÁREZ

TRIBUNAL DE GRADO

**Ing. Alamir Álvarez Loor, MSc.
DECANO DE FACULTAD DE
CIENCIAS DE LA INGENIERÍA**

**Ing. Carlos Portilla Lazo
DIRECTOR DE LA ESCUELA
INGENIERÍA EN PETRÓLEO**

**Ing. Tarquino López Cadena
PROFESOR – TUTOR**

**Ing. Raúl Morgner Mangold
PROFESOR DEL ÁREA**

**Abg. Joe Espinoza Ayala
SECRETARIO GENERAL**

ÍNDICE GENERAL

DECLARACIÓN.....	I
APROBACIÓN.....	III
DEDICATORIA.....	V
AGRADECIMIENTO.....	VII
TRIBUNAL DE GRADO.....	IX
ÍNDICE GENERAL.....	X
ÍNDICE DE FIGURAS.....	XXV
ÍNDICE DE TABLAS.....	XXVII
ÍNDICE DE GRÁFICOS.....	XXX
ÍNDICE DE ANEXOS.....	XXXII
ABREVIATURA.....	XXXIII
RESUMEN.....	XXXV
INTRODUCCIÓN.....	XXXVI
PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	XXXVII
HIPÓTESIS.....	XXXVIII
OBJETIVO DE LA INVESTIGACIÓN.....	XXXIX
JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.....	XL
FACTIBILIDAD.....	XLI

CAPÍTULO I

1 MARCO TEÓRICO.....	1
1.1 MISIÓN Y VISIÓN DEL TEMA A INVESTIGAR.....	2
1.1.1 Misión.....	2
1.1.2 Visión.....	2
1.2 ASPECTOS GENERALES DE LA CUENCA DEL CENTRO-ORIENTE DE LA AMAZONIA ECUATORIANA.....	3
1.2.1 Estratigrafía del Oriente	4
1.2.2 Geología del Oriente	7
1.2.2.1 Corredor Sacha – Shushufindi.....	9
1.2.3 Descripción litológica por formaciones tomando como referencia un pozo del Centro-Oriente de la Amazonia	12

	Ecuatoriana.....	
1.2.3.1	Indiferenciado.....	13
1.2.3.2	Formación Orteguaza.....	15
1.2.3.3	Formación Tiyuyacu.....	17
	1.2.3.3.1 Conglomerado Tiyuyacu Superior.....	18
	1.2.3.3.2 Conglomerado Tiyuyacu Inferior.....	20
1.2.3.4	Formación Tena.....	21
	1.2.3.4.1 Basal Tena.....	22
1.2.3.5	Formación Napo.....	22
	1.2.3.5.1 Caliza “M-1”.....	23
	1.2.3.5.2 Caliza “M-2”.....	24
	1.2.3.5.3 Caliza “A”.....	25
	1.2.3.5.4 Arenisca “U”.....	26
	1.2.3.5.4.1 Arenisca “U” Superior.....	26
	1.2.3.5.4.2 Arenisca “U” Inferior.....	27
	1.2.3.5.5 Caliza “B”.....	28
	1.2.3.5.6 Arenisca “T”.....	28
	1.2.3.5.6.1 Arenisca “T” Superior.....	28
	1.2.3.5.6.2 Arenisca “T” Inferior.....	30
	1.2.3.5.7 Caliza “C”.....	31
1.2.3.6	Formación Hollín.....	31
	1.2.3.6.1 Arenisca Hollín Superior.....	32
	1.2.3.6.2 Arenisca Hollín Inferior.....	32
1.2.4	Tipos de Litologías.....	34
1.2.5	Topes Formacionales.....	35
1.2.6	Columna Estratigráfica de las Litologías Descriptas.....	36
1.2.7	Aporte Característico.....	37
1.3	FUNDAMENTO DE PERFORACIÓN TÉCNICO DE LAS BROCAS.....	38
1.3.1	Brocas conos giratorios o tricónicas.....	41
1.3.2	Brocas de conos dentados o dientes fresados.....	41
1.3.3	Brocas de inserto de carburo de tungsteno.....	41
1.3.4	Brocas de cortadores fijos.....	42
1.3.5	Brocas de PDC o diamante policristalino.....	42
1.3.6	Brocas de diamante natural	43

1.3.7	Brocas impregnadas de diamantes.....	43
1.3.8	Brocas TSP o diamante térmicamente estable.....	44
1.3.9	Clasificación IADC de brocas tricónicas.....	45
1.3.10	Clasificación IADC de brocas PDC.....	49
1.3.11	Ejemplos de la clasificación de brocas a través de los códigos IADC.....	52
1.3.12	Calificación de las brocas según el sistema TBG (Teeth Bearing Gauge).....	53
1.3.13	Códigos IADC por la serie de estructura de corte de las brocas....	54
	1.3.13.1 Ejemplos de Evaluación de desgaste de brocas.....	58
1.3.14	Evaluación de Brocas.....	61
	1.3.14.1 Calibración.....	61
1.3.15	Desgaste de baleros.....	63
1.3.16	Clasificación de Toberas.....	64
1.3.17	Estructura de corte observación general.....	64
1.3.18	Sistema de rodamiento.....	65
1.4	CARACTERÍSTICAS ESTRUCTURALES DE LAS BROCAS MÁS UTILIZADAS EN LA PERFORACIÓN.....	65
1.4.1	Brocas tricónicas.....	65
	1.4.1.1 Componentes de una broca tricónica.....	65
1.4.2	Brocas PDC (Compactos de Diamante de Policristalino).....	67
	1.4.2.1 Componentes de una Broca PDC.....	67
1.4.3	Selección de brocas en cuanto a su variable.....	68
1.4.4	Selección de brocas en base a sus necesidades.....	69
1.5	TECNOLOGÍA DE LAS BROCAS.....	69
1.5.1	Mecanismos de fallas.....	70
1.5.2	Resistencia de la Roca.....	70
1.5.3	Esfuerzos de corte y compresión.....	71
	1.5.3.1 Brocas tricónicas.....	71
	1.5.3.2 Brocas PDC.....	71
1.5.4	Mecanismo de Perforación vs Tipo de la Broca.....	72
1.5.5	Mecanismos de corte en la perforación.....	72

1.6	Análisis teórico de las ineficiencias del rendimiento en las brocas que se originan en los pozos perforados.....	74
1.6.1	Factores que afectan el desgaste de las brocas.....	74
1.6.1.1	Factores geológicos.....	74
1.6.1.1.1	Abrasividad.....	74
1.6.1.1.2	Resistencia específica de la roca.....	74
1.6.1.2	Factores operativos.....	75
1.6.1.2.1	Peso sobre broca (WOP).....	75
1.6.1.2.2	Velocidad de rotación (RPM).	75
1.6.1.2.3	Limpieza en el fondo del pozo.....	76
1.6.1.2.4	Geometría del hoyo.....	77
1.7	RENDIMIENTO DE LAS BROCAS.....	77
1.7.1	Parámetros Operacionales en las brocas.....	78
1.7.1.1	Tasa de penetración (ROP).....	78
1.7.1.2	Velocidad de rotación (RPM).....	79
1.7.1.3	Peso sobre la broca (WOB).....	80
1.7.1.4	Galones por Minuto (GPM).....	80
1.7.1.5	Torque (TQ).....	80
1.8	HIDRÁULICA Y ENSAMBLAJE DE FONDO.....	82
1.8.1	Eficiencia Hidráulica.....	83
1.8.1.1	Índice de limpieza (HSI).....	83
1.8.1.2	Área total de flujo (TFA).....	84
1.8.2	Hidráulica aplicada a Brocas de perforación.....	84
1.8.2.1	Calculo de la Fuerza de Impacto (HSI).....	84
1.8.2.2	Caballos de Fuerza Hidráulicos (HHP).....	85
1.8.2.3	Caída de presión en la broca.....	86
1.8.2.4	Calculo del Área total de flujo (TFA).....	87
1.8.2.5	Velocidad de los chorros.....	87

CAPITULO II

2	DISEÑO METODOLOGICO.....	88
2.1	DETERMINACIÓN DEL UNIVERSO Y LA MUESTRA.....	89
2.2	TIPO DE ESTUDIO.....	89
2.2.1	Estudio de tipo aplicado.....	89

2.2.2	Estudio documental.....	89
2.2.3	Estudio descriptivo.....	90
2.3	UNIVERSO Y MUESTRA.....	90
2.3.1	Universo.....	90
2.3.2	Muestra.....	90
2.4	CRITERIOS DE ESTUDIO.....	90
2.5	MÉTODOS Y TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE DATOS.....	91
2.5.1	Deducción.....	91
2.6	PROCESAMIENTO Y SELECCIÓN DE INFORMACIÓN DE LA RECOLECCIÓN DE DATOS.....	92
2.7	DESCRIPCIÓN MECÁNICA BREVE DE LOS POZOS PERFORADOS.....	93
2.7.1	Centro Oriente Sacha – X2.....	93
2.7.1.1	Datos Generales.....	93
2.7.1.2	Esquema Mecánico Centro Oriente Sacha – X2....	94
2.7.1.3	Esquema Direccional Centro Oriente Sacha – X2...	95
2.7.2	Centro Oriente Sacha – X3.....	97
2.7.2.1	Datos Generales.....	97
2.7.2.2	Esquema Mecánico Centro Oriente Sacha – X3....	98
2.7.2.3	Esquema Direccional Centro Oriente Sacha – X3...	99
2.7.3	Centro Oriente Sacha – X5.....	101
2.7.3.1	Datos Generales.....	101
2.7.3.2	Esquema Mecánico Centro Oriente Sacha – X5....	102
2.7.3.3	Esquema Direccional Centro Oriente Sacha – X5...	103
2.7.4	Centro Oriente Sacha – X6.....	105
2.7.4.1	Datos Generales.....	105
2.7.4.2	Esquema Mecánico Centro Oriente Sacha – X6...	106
2.7.4.3	Esquema Direccional Centro Oriente Sacha – X6...	107
2.7.5	Centro Oriente Sacha – X7.....	109
2.7.5.1	Datos Generales.....	109
2.7.5.2	Esquema Mecánico Centro Oriente Sacha – X7.....	110
2.7.5.3	Esquema Direccional Centro Oriente Sacha – X7.....	111
2.7.6	Centro Oriente Sacha – X10.....	113
2.7.6.1	Datos Generales.....	113
2.7.6.2	Esquema Mecánico Centro Oriente Sacha – X10....	114

2.7.6.3	Esquema Direccional Centro Oriente Sacha – X10...	115
2.7.7	Centro Oriente Sacha – X13.....	117
2.7.7.1	Datos Generales.....	117
2.7.7.2	Esquema Mecánico Centro Oriente Sacha – X13....	118
2.7.7.3	Esquema Direccional Centro Oriente Sacha – X13...	119
2.7.8	Centro Oriente Shushufindi – X1.....	121
2.7.8.1	Datos Generales.....	121
2.7.8.2	Esquema Mecánico Centro Oriente Shushufindi–X1.	122
2.7.8.3	Esquema Direccional Centro Oriente – X1.....	123
2.7.9	Centro Oriente Shushufindi – X2.....	125
2.7.9.1	Datos Generales.....	125
2.7.9.2	Esquema Mecánico Centro Oriente Shushufindi–X2.	126
2.7.9.3	Esquema Direccional Centro Oriente – X2.....	127
2.7.10	Centro oriente Shushufindi – X9.....	129
2.7.10.1	Datos General.....	129
2.7.10.2	Esquema Mecánico Centro Oriente Shushufindi– X9	130
2.7.10.3	Esquema Direccional Centro Oriente – X9.....	131

CAPITULO III

3	INTERPRETACIÓN DE DATOS.....	134
	INTERPRETACION DE DATOS DE LAS BROCAS UTILIZADAS	
3.1	EN CADA SECCION DE LOS POZOS PERFORADOS EN EL CENTRO ORIENTE ECUATORIANO	134
3.2	INFORMACIÓN DE POZOS.....	134
3.2.1	Campo Centro Oriente Sacha – X2.....	134
3.2.1.1	Sección Superficial, Broca # 1 Tricónica 26” GTX – CG1 (S/N:5199777).....	134
3.2.1.2	Sección Superficial, Broca # 2 PDC 16” HCD605 (S/N: 7024791).....	135
3.2.1.3	Sección Superficial, Broca # 2R PDC 16” HCD605 (S/N: 7024791).....	135
	Sección Superficial, Broca # 2RR 16” PDC HCD605	136

3.2.1.4	(S/N 7024791).....	
	Sección Intermedia, Broca # 3 PDC 12 1/4" HCD605X	136
3.2.1.5	(S/N 7024691).....	
	Sección Intermedia, Broca # 4 PDC 12 1/4" HCD605SZ	137
3.2.1.6	(S/N 7015673).....	
	Sección Intermedia, Broca # 5 Tricónica 12 1/4" MXL-20	137
3.2.1.7	(S/N 5197638).....	
	Sección Intermedia, Broca # 6 PDC 12 1/4" HC604S	138
3.2.1.8	(S/N 7014298).....	
	Sección Intermedia, Broca # 7 PDC 12 1/4" HCM605Z	138
3.2.1.9	(S/N 7900178).....	
	Sección de Producción, Broca # 8 PDC 8 1/2" HCM506Z	139
3.2.1.10	(S/N 7304588).....	
3.2.2	Campo Centro Oriente Sacha – X3	140
3.2.2.1	Sección Superficial, Broca # 1 - Tricónica 16" GTX-CG1 (S/N 5218227).....	140
3.2.2.2	Sección Superficial, Broca # 2 PDC 16" HCD605S (S/N 7017262).....	141
3.2.2.3	Sección Intermedia, Broca # 3 PDC 12 1/4" PDC HCD605X (S/N 7019843).....	141
3.2.2.4	Sección Intermedia, Broca # 4 Tricónica 12 1/4" MXL-20 (S/N 5214281).....	142
3.2.2.5	Sección de producción, Broca # 5 PDC 8 1/2" HCD506Z (S/N 7127904).....	142
3.2.2.6	Sección de Producción, Broca # 6 - PDC 8 1/2" LC-104 (S/N 504318).....	143
3.2.2.7	Sección de Producción, Broca # 5R PDC 8 1/2" HCD506Z (S/N 7127904).....	143
3.2.3	Campo-Centro Oriente Sacha – X5	145
3.2.3.1	Sección Superficial, Broca # 1 Tricónica 16" MX-1 (S/N 6060987).....	145
3.2.3.2	Sección Superficial, Broca # 2 PDC 16" HCD604 (S/N 7028625).....	145
3.2.3.3	Sección Intermedia, Broca # 3 PDC 12 1/4" HCD605X	146

	(S/N 7029637).....	
3.2.3.4	Sección Intermedia, Broca # 4 PDC 12 1/4" HC604S (S/N 7014298).....	146
3.2.3.5	Sección de Producción, Broca # 5 PDC 8 1/2" HCD506Z (S/N 7128395).....	147
3.2.3.6	Sección de Producción, Broca # 6 PDC 8 1/2" HCD506ZX (S/N 7022143).....	147
3.2.4	Campo Centro Oriente Sacha – X6.....	149
3.2.4.1	Sección Superficial, Broca # 1 Tricónica 16" GTX-CG1 (S/N 5210708).....	149
3.2.4.2	Sección Intermedia, Broca # 2 PDC 16" HCD605S (S/N 7015791).....	149
3.2.4.3	Sección Intermedia, Broca # 3 PDC 12 1/4" HCD605X (S/N 7139196).....	150
3.2.4.4	Sección Intermedia, Broca # 4 PDC 12 1/4" HCD605X (S/N 7019841).....	150
3.2.4.5	Sección Intermedia, Broca #5 PDC 12 1/4" MXL-20 (S/N 5196831).....	151
3.2.4.6	Sección Intermedia, Broca # 6 PDC 12 1/4" QD604X (S/N 7900213).....	151
3.2.4.7	Sección de producción, Broca # 7 PDC 8 1/2" HCM506Z (S/N 7304588).....	152
3.2.5	Campo Centro Oriente Sacha – X7	153
3.2.5.1	Sección Superficial, Broca # 1 Tricónica 16" GTX-CG1 (S/N 5192830).....	153
3.2.5.2	Sección Superficial, Broca # 2 PDC 16" HCD604 (S/N 7027170).....	154
3.2.5.3	Sección Intermedia, Broca # 3 PDC 12 1/4" HCD605X (S/N 7029638).....	154
3.2.5.4	Sección Intermedia, Broca # 4 PDC 12 1/4" HCD605X (S/N 7024690).....	155
3.2.5.5	Sección Intermedia, Broca # 5 Tricónica 12 1/4" MXL-20 (S/N 5214280).....	155
3.2.5.6	Sección De Producción, Broca # 6 PDC 8 1/2" HC505ZX (S/N 7501010).....	156

3.2.6	Campo Centro Oriente Sacha – X10	157
3.2.6.1	Sección Superficial, Broca # 1 Tricónica 16" XR+ C (S/N: PT0610).....	157
3.2.6.2	Sección Intermedia, Broca # 2 PDC 16" SDI519MHPX (S/N:JF161643).....	158
3.2.6.3	Sección Intermedia, Broca # 2R PDC 16" SDI519MHPX (S/N: JF161643).....	158
3.2.6.4	Sección Intermedia, Broca # 3 PDC 12 1/4" MSI519HSPXX (S/N: JF7003).....	159
3.2.6.5	Sección Intermedia, Broca # 4 PDC 12 1/4" SDI419HBPX (S/N: JE2385).....	159
3.2.6.6	Sección Producción, Broca # 5 PDC 8 1/2" MDI619LBPX (S/N: JE3112).....	160
3.2.6.7	Sección de Producción, Broca # 6 PDC 8 1/2" MDI616LBPX (S/N: JD2863).....	160
3.2.7	Campo Centro Oriente Sacha – X13	162
3.2.7.1	Sección Superficial, Broca #1 Triconica 16" XR+CPS (S/N: PM5982).....	162
3.2.7.2	Sección Superficial, Broca # 2 PDC 16" SD1519MHPX (S/N: JF1643).....	162
3.2.7.3	Sección Superficial, Broca # 3 PDC 16" SD519MHBPX (S/N: JY6067).....	163
3.2.7.4	Sección Intermedia, Broca # 4 PDC 12 1/4" MSI519LMHSBPXX (S/N: JF2822)	164
3.2.7.5	Sección Intermedia, Broca # 5 Triconica 12 1/4" GF10BODUCPS (S/N: PR7612).....	164
3.2.7.6	Sección Intermedia, Broca # 6 PDC 12 1/4" MSi519HSPXX (S/N: JF9378).....	164
3.2.7.7	Sección de Producción, Broca # 7 PDC 8 1/2 " MDSi616LBPX (S/N: JF9807).....	165
3.2.7.8	Sección de Producción, Broca # 8 PDC 8 1/2" MF30BDODPS (S/N: PR9798).....	165
3.2.7.9	Sección de Producción, Broca # 9 PDC 6 1/8" MF30BDODPS (S/N: PR9798).....	166
3.2.7.10	Sección Producción, Broca # 10 PDC 6 1/8"	166

	XR20DOD1GVPS (S/N: PX2350).....	
3.2.7.11	Sección Producción, Broca # 11 PDC 6 1/8" MDI516WBPX (S/N: JF9590).....	167
3.2.7.12	Sección Producción, Broca # 12 PDC 6 1/8" XR20DOD1GVPS (S/N: PX5505).....	167
3.2.7.13	Sección Producción, Broca # 13 PDC 6 1/8" XR20DOD1GVPS (S/N: PX5507).....	168
3.2.7.14	Sección Producción, Broca # 14 PDC 6 1/8" MDSI516WBPX (S/N: JG0374).....	168
3.2.8	Campo Centro Oriente Shushufindi X1.....	171
3.2.8.1	Sección Superficial, Broca # 1 Triconica 26" XR+C (S/N:PR8994).....	171
3.2.8.2	Sección Superficial, Broca # 2 PDC 16" SDI519MHPX (S/N:JE6784).....	171
3.2.8.3	Sección Superficial, Broca # 2R PDC 16" SDI519MHPX (S/N:JE6784).....	172
3.2.8.4	Sección Superficial, Broca # 2RR PDC 16" SDI519MHPX (S/N:JE6784).....	172
3.2.8.5	Sección Superficial, Broca # 2RRR PDC 16" SDI519MHPX (S/N:JE6784).....	173
3.2.8.6	Sección Intermedia, Broca # 3 PDC 12 1/4" MSI519HSPX (S/N:JF9284).....	173
3.2.8.7	Sección Intermedia, Broca # 3R PDC 12 1/4" MSI519HSPX (S/N:JF9284).....	173
3.2.8.8	Sección Intermedia, Broca PDC # 4 PDC 12 1/4" MSI519HSPX (S/N:JE7529)	173
3.2.8.9	Sección Intermedia, Broca # 5 PDC 12 1/4" MSI619VBPX (S/N:JD9005).....	174
3.2.8.10	Sección Producción, Broca # 6 PDC 8 1/2" MDI616LPX (S/N:JD3959)	175
3.2.9	Campo Centro Oriente Shushufindi X2.....	176
3.2.9.1	Sección Superficial, Broca Triconica # 1 XR+C (S/N: PR8994).....	176
3.2.9.2	Sección Intermedia, Broca PDC # 2 SDI519MHPX (S/N:JG5157)	177

3.2.9.3	Sección Intermedia, Broca PDC # 3 SDI519MHPX (S/N:JD9415).....	177
3.2.9.4	Sección intermedia, Broca PDC # 4 MSI519LHMSBPXX (S/N:JG0306)	178
3.2.9.5	Sección producción, Broca PDC # 5 MSI619LVBPX (S/N:JF9285).....	178
3.2.1	Campo Centro Oriente Shushufindi X9.....	180
3.2.10.1	Sección Superficial, Broca # 1 Triconica 26 XR+C (S/N:PW9196)	180
3.2.10.2	Sección Superficial, Broca # 2 PDC 16" SDI519MHPX (S/N:JG8619).....	180
3.2.10.3	Sección Superficial, Broca # 2R PDC 16" SDI519MHPX (S/N:JG8619).....	181
3.2.10.4	Sección Intermedia, Broca # 3 PDC 12 1/4" MSi519LMHSBPXX (S/N:JH2146)	181
3.2.10.5	Sección Intermedia, Broca # 4 PDC 12 1/4" MSi519LMHSBPXX (S/N:JH2405)	182
3.2.10.6	Sección Intermedia, Broca # 5 PDC 12 1/4" FO5BODCPS (S/N:PX8897)	182
3.2.10.7	Sección Producción, Broca # 6 PDC 8 1/2" MDi616LBPX (S/N:JF5306)	183
3.2.10.8	Sección Producción, Broca # 7 PDC 8 1/2" MDi616LPX (S/N:JD3959)	184
3.3	REGISTRO DE BROCAS.....	185
3.3.1	Campo Centro Oriente Sacha – X2.....	185
3.3.2	Campo Centro Oriente Sacha – X3.....	186
3.3.3	Campo Centro Oriente Sacha – X5.....	187
3.3.4	Campo Centro Oriente Sacha – X6.....	188
3.3.5	Campo Centro Oriente Sacha – X7.....	189
3.3.6	Campo Centro Oriente Sacha – X10.....	190
3.3.7	Campo Centro Oriente Sacha – X13.....	191
3.3.8	Campo Centro Oriente Shushufindi – X1.....	192
3.3.9	Campo Centro Oriente Shushufindi – X2.....	193
3.3.10	Campo Centro Oriente Shushufindi – X9.....	194

CAPITULO IV

4	PROPUESTA Y EVALUACION DE LA INTERPRETACION DE DATOS.....	196
	PROPUESTA PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL RENDIMIENTO TÉCNICO DE LAS BROCAS EN LA PERFORACIÓN DE POZOS DEL CENTRO ORIENTE ECUATORIANO.....	196
4.1	4.1.1 Objetivos de Perforación.....	196
	4.1.2 Rendimiento.....	196
	4.1.3 Direccional.....	197
	4.1.4 Economía.....	197
	4.1.5 Requisitos para la Operación.	197
4.2	EVALUACIÓN DE LAS CAUSAS DE LOS PROBLEMAS EN LAS BROCAS EN CADA UNA DE LAS SECCIONES DE LOS POZOS...	199
	4.2.1 Centro-Oriente Sacha - X2	200
	4.2.1.1 Problema en la sección 12 ¼”.....	200
	4.2.2 Centro Oriente Sacha - X3.....	200
	4.2.2.1 Problema en la sección 16”.....	200
	4.2.3 Centro Oriente Sacha - X5.....	201
	4.2.3.1 Problema en la sección 8 ½ ”.....	201
	4.2.4 Centro Oriente Sacha - X6	201
	4.2.4.1 Problema en la sección 16”.....	201
	4.2.5 Centro Oriente Sacha - X7.....	202
	4.2.5.1 Problema en la sección 12 ¼”	202
	4.2.6 Centro Oriente Sacha - X10.....	202
	4.2.6.1 Problema en la sección 12 ¼”.....	202
	4.2.6.2 Problema en la sección 8 1/2”	203
	4.2.7 Centro Oriente Sacha - X13.....	204
	4.2.7.1 Problema en la sección 16”.....	204
	4.2.7.2 Problema en la sección 12 ¼”.....	205
	4.2.8 Centro oriente Shushufindi X-1.....	205
	4.2.8.1 Problema en la sección 16”.....	205
	4.2.8.2 Problema en la sección 12 ¼”.....	206
	4.2.8.3 Problema en la sección 8 ½”.....	206

4.2.9	Centro Oriente Shushufindi X-2.....	207
4.2.9.1	Problema en la sección 16”.....	207
4.2.10	Centro Oriente Shushufindi X-9.....	207
4.2.10.1	Problema en la sección 26”.....	207
4.2.10.2	Problema en la sección 16”.....	208
4.2.10.3	Problema en la sección 8 ½ ”.....	209
4.2.11	Comentarios Generales.....	209
4.3	Parámetros de perforación de los pozos de cada una de Las secciones problemas.....	210
4.4	Parámetros de fluidos de perforación de los pozos de cada una de las secciones problemas.....	215
4.5	Interpretación de las profundidades a través de un programa de brocas en cada uno de los pozos evaluados.....	221
4.5.1	Centro Oriente Sacha-X2	222
4.5.2	Centro Oriente Sacha- X3.....	223
4.5.3	Centro Oriente Sacha- X5.....	224
4.5.4	Centro Oriente Sacha- X6.....	225
4.5.5	Centro Oriente Sacha- X7.....	226
4.5.6	Centro Oriente Sacha- X10.....	227
4.5.7	Centro Oriente Sacha- X13.....	228
4.5.8	Centro Oriente Shushufindi –X1.....	229
4.5.9	Centro Oriente Shushufindi –X2.....	230
4.5.10	Centro Oriente Shushufindi –X9.....	231
4.6	Evaluación del rendimiento técnico de las brocas.....	232
4.7	Eficiencia del rendimiento de la broca con mayor frecuencia de viajes realizados durante la perforación para cada sección.....	235
4.7.1	Eficiencia de la broca con menor frecuencia de viajes durante la perforación en la sección 26”.....	236
4.7.2	Evaluación de frecuencia de viajes realizados durante la perforación para la sección 16”.....	236
4.7.2.1	Centro Oriente Sacha-X2.....	237
4.7.2.2	Centro Oriente Sacha-X10.....	239
4.7.2.3	Centro Oriente Shushufindi -X1.....	242

	4.7.2.4	Centro Oriente Shushufindi -X9.....	244
4.7.3		Evaluación de frecuencia de viajes realizados durante la perforación para la selección 12 1/4”.....	244
	4.7.3.1	Centro Oriente Shushufindi –X1.....	245
4.7.4		Evaluación de frecuencia de viajes realizados durante la perforación para la selección 8 1/2”.....	246
	4.7.4.1	Centro Oriente Sacha –X3.....	246
	4.7.4.2	Centro Oriente Sacha –X13.....	249

CAPITULO V

5		INFORMACION GENERAL DEL POZO.....	252
5.1		COMPARACIONES DE LOS POZOS EVALUADOS.....	252
5.2		LECCIONES APRENDIDAS Y RECOMENDACIONES.....	254
	5.2.1	Centro Oriente Sacha X-2.....	255
	5.2.2	Centro Oriente Sacha X-3.....	257
	5.2.3	Centro Oriente Sacha X-5.....	259
	5.2.4	Centro Oriente Sacha X-6.....	261
	5.2.5	Centro Oriente Sacha X-7.....	263
	5.2.6	Centro Oriente Sacha X-10.....	265
	5.2.7	Centro Oriente Sacha X-13.....	267
	5.2.8	Centro Oriente Shushufindi X-1.....	269
	5.2.9	Centro Oriente Shushufindi X-2.....	271
	5.2.10	Centro Oriente Shushufindi X-9.....	273
5.3		Análisis del Tiempo Productivo y no Productivo.....	275
	5.3.1	Centro Oriente Sacha X-2.....	276
		5.3.1.1 Tiempo Productivo.....	276
		5.3.1.2 Tiempo No Productivo.....	277
	5.3.2	Centro Oriente Sacha X-3.....	278
		5.3.2.1 Tiempo Productivo.....	278
		5.3.2.2 Tiempo No Productivo.....	279
	5.3.3	Centro Oriente Sacha X-5.....	280
		5.3.3.1 Tiempo Productivo.....	280
		5.3.3.2 Tiempo No Productivo.....	281

5.3.4	Centro Oriente Sacha X-6.....	282
5.3.4.1	Tiempo Productivo.....	282
5.3.4.2	Tiempo No Productivo.....	283
5.3.5	Centro Oriente Sacha X-7.....	284
5.3.5.1	Tiempo Productivo.....	284
5.3.5.2	Tiempo No Productivo.....	285
5.3.6	Centro Oriente Sacha X-10.....	286
5.3.6.1	Tiempo Productivo.....	286
5.3.6.2	Tiempo No Productivo.....	287
5.3.7	Centro Oriente Sacha X-13.....	288
5.3.7.1	Tiempo Productivo.....	288
5.3.7.2	Tiempo No Productivo.....	289
5.3.8	Centro-Oriente Shushufindi X-1.....	290
5.3.8.1	Tiempo Productivo.....	290
5.3.8.2	Tiempo No Productivo.....	291
5.3.9	Centro-Oriente Shushufindi X-2.....	292
5.3.9.1	Tiempo Productivo.....	292
5.3.9.2	Tiempo No Productivo.....	293
5.3.10	Centro-Oriente Shushufindi X-9.....	294
5.3.10.1	Tiempo Productivo.....	294
5.3.10.2	Tiempo No Productivo.....	295
5.4	Evaluación del costo de perforación.....	296

CAPITULO VI

6	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	300
6.1	CONCLUSIONES.....	300
6.2	RECOMENDACIONES.....	303
6.3	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	306
6.4	BIBLIOGRAFÍA DE LA WEB.....	307
6.5	ANEXOS.....	308

INDICE DE FIGURA

Fig.1	Localización de la Cuenca Oriente de la Amazonia Ecuatoriana.....	4
Fig.2	Columna Estratigráfica Generalizada del Centro-Oriente de la Amazonia Ecuatoriana.....	6
Fig.3	Mapa y sección estructural de la cuenca Oriente con sus tres corredores estructurales – petrolíferos.....	8
Fig.4	Tectónica Sedimentaria en compresión de los ciclos V.....	9
Fig.5	Registro del pozo Sacha Profundo (pre-Aptense).....	10
Fig.6	Estructura Sacha – Shushufindi (facies sísmicas del pre – Aptense).....	11
Fig.7	Tipos de litologías descritas tomando como referencia un pozo en el Centro-Oriente ecuatoriano.....	34
Fig.8	Información de los Topes de las formaciones tomando como referencia un pozo en el Centro-Oriente ecuatoriano.....	35
Fig.9	Columna estratigráfica de las litologías descritas tomando como referencia un pozo en el Centro-Oriente ecuatoriano.....	36
Fig.10	Gráfico de los bloques petroleros en el Centro-Oriente ecuatoriano.....	37
Fig.11	Brocas de perforación.....	38
Fig.12	Por su sistema de rodamiento pueden ser de balero estándar de balero sellado y de chumaceras.....	47
Fig.13	Código IADC tres dígitos para clasificación brocas tricónicas.....	48
Fig.14	Código IADC cuatro dígitos clasificación brocas cortadores fijos.....	51
Fig.15	Clasificación de brocas tricónica a través de los códigos IADC.....	52
Fig.16	Clasificación de brocas de cortadores fijos a través de los códigos IADC.....	53
Fig.17	Códigos IADC - Series de estructura de corte.....	55
Fig.18	Cortador Fijo – Características Principales de Desgaste.....	57
Fig.19	Broca 12 ¼” del campo Centro-Oriente Sacha – X1 con sus respectivos dientes gastados y dientes rotos.....	58
Fig.20	Broca 12 ¼” del campo Centro-Oriente Shushufindi – X1 con sus respectivos dientes rotos y dientes tajados.....	59
Fig.21	Broca 26” del campo Centro-Oriente Shushufindi – X2 con sus respectivos dientes gastados.....	60

Fig.22	Broca 8 ½" y pad de calibre.....	62
Fig.23	Código de desgaste.....	62
Fig.24	Toberas de las brocas.....	64
Fig.25	Componentes de una broca tricónica.....	66
Fig.26	Componentes de una broca PDC.....	68
Fig.27	Mecanismo de fallas de una broca PDC y Tricónica.....	70
Fig.28	Resistencia de la broca.....	70
Fig.29	Resistencia de la broca.....	71
Fig.30	Resistencia de la broca.....	71
Fig.31	Resistencia de la broca.....	72
Fig.32	Resistencia de la broca.....	73
Fig.33	Resistencia de la broca.....	73
Fig.34	Pozo Sacha – X2.....	94
Fig.35	Pozo Sacha X3.....	98
Fig.36	Pozo Sacha X5.....	102
Fig.37	Pozo Sacha X6.....	106
Fig.38	Pozo Sacha X7.....	110
Fig.39	Pozo Sacha X10.....	114
Fig.40	Pozo Sacha X13.....	118
Fig.41	Pozo Shushufindi X1.....	122
Fig.42	Pozo Shushufindi X2.....	126
Fig.43	Pozo Shushufindi X9.....	130
Fig.44	Brocas Usadas en el Campo Centro-Oriente Sacha-X2.....	140
Fig.45	Brocas Usadas en el Campo Centro-Oriente Sacha-X3.....	144
Fig.46	Brocas Usadas en el Campo Centro-Oriente Sacha-X5.....	148
Fig.47	Brocas Usadas en el Campo Centro-Oriente Sacha-X6.....	153
Fig.48	Brocas Usadas en el Campo Centro-Oriente Sacha-X7.....	157
Fig.49	Brocas Usadas en el Campo Centro-Oriente Sacha-X10.....	161
Fig.50	Brocas Usadas en el Campo Centro-Oriente Sacha-X13.....	170
Fig.51	Brocas Usadas en el Campo Centro-Oriente Shushufindi-X1.....	176
Fig.52	Brocas Usadas en el Campo Centro-Oriente Shushufindi-X2.....	179
Fig.53	Brocas Usadas en el Campo Centro-Oriente Shushufindi-X9.....	184
Fig.54	Embolada en la sección 16" del Centro-Oriente Sacha - X13.....	204
Fig.55	Tipos de litologías de los pozos perforados en los campos Sacha y Shushufindi.....	221

Fig.56	Broca # 2R SDI519MHPX de 16" del campo Centro-Oriente Sacha – X10, en malas condiciones	241
Fig.57	Broca # 2R SDI519MHPX de 16" del campo Centro-Oriente Shushufindi– X1, Broca y BHA embolados.....	243
Fig.58	Broca # 5 HCD506Z de 8 ½" del campo Centro-Oriente Sacha – X3, Pad del Calibre Fuente: ARCH – Quito.....	247
Fig.59	Broca # 6 LC - 104 de 8 ½" del campo Centro-Oriente Sacha – X3, Core en Superficie para ser preparado Fuente: ARCH – Quito.....	248

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla Nº1	Clasificación general de las brocas de perforación.....	40
Tabla Nº 2.	Clasificación de la IADC para brocas desgastadas.....	56
	Tabla de Clasificación de la IADC para brocas desgastadas con su calificación para broca 12 ¼" del campo Centro-Oriente Sacha – X1.....	58
Tabla Nº 3.	Tabla de Clasificación de la IADC para brocas desgastadas con su calificación para broca 12 ¼" del campo Centro-Oriente Shushufindi – X1.....	59
	Tabla de Clasificación de la IADC para brocas desgastadas con su calificación para broca 26" del campo Centro-Oriente Shushufindi – X2.....	60
Tabla Nº 5.	Mecanismos de perforación.....	72
Tabla Nº 6.	Datos generales del campo Centro-Oriente Sacha – X2.....	93
Tabla Nº 7.	Datos generales del campo Centro-Oriente Sacha – X3.....	97
Tabla Nº 8.	Datos generales del campo Centro-Oriente Sacha – X5.....	101
Tabla Nº 9.	Datos generales del campo Centro-Oriente Sacha – X6.....	105
Tabla Nº 10.	Datos generales del campo Centro-Oriente Sacha – X7.....	109
Tabla Nº 11.	Datos generales del campo Centro-Oriente Sacha – X10.....	113
Tabla Nº 12.	Datos generales del campo Centro-Oriente Sacha – X13.....	117
Tabla Nº 13.	Datos generales del campo Centro-Oriente Shushufindi-X1...	121
Tabla Nº 14.	Datos generales del campo Centro-Oriente Shushufindi–X2...	125
Tabla Nº 15.	Datos generales del campo Centro-Oriente Shushufindi–X9...	129
Tabla Nº 16.	Campo Centro-Oriente Sacha-X2.....	185
Tabla Nº 17.		

Tabla N° 18.	Campo Centro-Oriente Sacha-X3.....	186
Tabla N° 19.	Campo Centro-Oriente Sacha-X5.....	187
Tabla N° 20.	Campo Centro-Oriente Sacha-X6.....	188
Tabla N° 21.	Campo Centro-Oriente Sacha-X7.....	189
Tabla N° 22.	Campo Centro-Oriente Sacha-X10.....	190
Tabla N° 23.	Campo Centro-Oriente Sacha-X13.....	191
Tabla N° 24.	Campo Centro-Oriente Shushufindi-X1.....	192
Tabla N° 25.	Campo Centro-Oriente Shushufindi-X2.....	193
Tabla N° 26.	Campo Centro-Oriente Shushufindi-X9.....	194
Tabla N° 27.	Parámetros de Perforación Sacha X-2 Sección 12 ¼”.....	210
Tabla N° 28.	Parámetros de Perforación Sacha X-3 Sección 16”.....	210
Tabla N° 29.	Parámetros de Perforación Sacha X-5 Sección 8 ½”.....	211
Tabla N° 30.	Parámetros de Perforación Sacha X-6 Sección 16”.....	211
Tabla N° 31.	Parámetros de Perforación Sacha X-7 Sección 12 ¼”.....	211
Tabla N° 32.	Parámetros de Perforación Sacha X-10 Sección 12 ¼”.....	212
Tabla N° 33.	Parámetros de Perforación Sacha X-10 Sección 8 ½”.....	212
Tabla N° 34.	Parámetros de Perforación Sacha X-13 Sección 12 ¼”.....	212
Tabla N° 35.	Parámetros de Perforación Shushufindi X-1 Sección 16”.....	213
Tabla N° 36.	Parámetros de Perforación Shushufindi X-1 Sección 12 ¼”.....	213
Tabla N° 37.	Parámetros de Perforación Shushufindi X-2 Sección 16”.....	213
Tabla N° 38.	Parámetros de Perforación Shushufindi X-9 Sección 26”.....	214
Tabla N° 39.	Parámetros de Perforación Shushufindi X-9 Sección 16”.....	214
Tabla N° 40.	Parámetros de Perforación Shushufindi X-9 Sección 8 ½”.....	214
Tabla N° 41.	Fluidos de Perforación Sacha X-2	215
Tabla N° 42.	Fluidos de Perforación Sacha X-3	216
Tabla N° 43.	Fluidos de Perforación Sacha X-5	216
Tabla N° 44.	Fluidos de Perforación Sacha X-6	217
Tabla N° 45.	Fluidos de Perforación Sacha X-7	217
Tabla N° 46.	Fluidos de Perforación Sacha X-10	218
Tabla N° 47.	Fluidos de Perforación Sacha X-13	218
Tabla N° 48.	Fluidos de Perforación Shushufindi X-1.....	219
Tabla N° 49.	Fluidos de Perforación Shushufindi X-2.....	219
Tabla N° 50.	Fluidos de Perforación Shushufindi X-9.....	220
Tabla N° 51.	Campo Centro-Oriente Sacha-X2.....	222

Tabla N° 52.	Campo Centro-Oriente Sacha-X3.....	223
Tabla N° 53.	Campo Centro-Oriente Sacha-X5.....	224
Tabla N° 54.	Campo Centro-Oriente Sacha-X6.....	225
Tabla N° 55.	Campo Centro-Oriente Sacha-X7.....	226
Tabla N° 56.	Campo Centro-Oriente Sacha-X10.....	227
Tabla N° 57.	Campo Centro-Oriente Sacha-X13.....	228
Tabla N° 58.	Campo Centro-Oriente Sushufindi-X1.....	229
Tabla N° 59.	Campo Centro-Oriente Sushufindi-X2.....	230
Tabla N° 60.	Campo Centro-Oriente Sushufindi-X9.....	231
Tabla N° 61.	Intervalo de pies perforados vs. Cantidad de bocas utilizadas.....	232
Tabla N° 62.	Tiempos Productivos y No Productivos Sacha X-2.....	276
Tabla N° 63.	Tiempos Productivos y No Productivos Sacha X-3.....	278
Tabla N° 64.	Tiempos Productivos y No Productivos Sacha X-5.....	280
Tabla N° 65.	Tiempos Productivos y No Productivos Sacha X-6.....	282
Tabla N° 66.	Tiempos Productivos y No Productivos Sacha X-7.....	284
Tabla N° 67.	Tiempos Productivos y No Productivos Sacha X-10.....	286
Tabla N° 68.	Tiempos Productivos y No Productivos Sacha X-13.....	288
Tabla N° 69.	Tiempos Productivos y No Productivos Shushufindi X-1.....	290
Tabla N° 70.	Tiempos Productivos y No Productivos Shushufindi X-2.....	292
Tabla N° 71.	Tiempos Productivos y No Productivos Shushufindi X-9.....	294

INDICE DE GRAFICOS

Gráfico N° 1	Plan vs Real Sacha X2.....	96
Gráfico N° 2.	Plan vs Real Sacha – X3.....	100
Gráfico N° 3.	Plan vs Real Sacha X5.....	104
Gráfico N° 4.	Plan vs Real Sacha X6.....	108
Gráfico N° 5.	Plan vs Real Sacha X7.....	112
Gráfico N° 6.	Plan vs Real Sacha X10.....	116
Gráfico N° 7.	Plan vs Real Sacha X13.....	120
Gráfico N° 8.	Plan vs Real Shushufindi X1.....	124
Gráfico N° 9.	Plan vs Real Shushufindi X2.....	128
Gráfico N° 10.	Plan vs Real Sacha X9.....	132
Gráfico N° 11.	Curva de Tiempo vs Profundidad – Centro-Oriente Sacha X-2.....	256
Gráfico N° 12.	Curva de Tiempo vs Profundidad – Centro-Oriente Sacha X-3.....	258
Gráfico N° 13.	Curva de Tiempo vs Profundidad – Centro-Oriente Sacha X-5.....	260
Gráfico N° 14.	Curva de Tiempo vs Profundidad – Centro-Oriente Sacha X-6.....	262
Gráfico N° 15.	Curva de Tiempo vs Profundidad – Centro-Oriente Sacha X-7.....	264
Gráfico N° 16.	Curva de Tiempo vs Profundidad – Centro-Oriente Sacha X-10.....	266
Gráfico N° 17.	Curva de Tiempo vs Profundidad – Centro-Oriente Sacha X-13.....	268
Gráfico N°18.	Curva de Tiempo vs Profundidad-Centro-Oriente Shushufindi X-1.....	270
Gráfico N°19.	Curva de Tiempo vs Profundidad-Centro-Oriente Shushufindi X-2.....	272
Gráfico N°20.	Curva de Tiempo vs Profundidad-Centro-Oriente Shushufindi X-9.....	274
Gráfico N° 21	Tiempos Productivos Sacha X-2	276
Gráfico N° 22.	Tiempos No Productivos Sacha X-2	277
Gráfico N° 23	Tiempos Productivos Sacha X-3.....	278

Gráfico N° 24.	Tiempos No Productivos Sacha X-3	279
Gráfico N° 25.	Tiempos Productivos Sacha X-5	280
Gráfico N° 26.	Tiempos No Productivos Sacha X-5	281
Gráfico N° 27.	Tiempos Productivos Sacha X-6	282
Gráfico N° 28.	Tiempos No Productivos Sacha X-6	283
Gráfico N° 29.	Tiempos Productivos Sacha X-7	284
Gráfico N° 30.	Tiempos No Productivos Sacha X-7	285
Gráfico N° 31.	Tiempos Productivos Sacha X-10	286
Gráfico N° 32.	Tiempos No Productivos Sacha X-10.....	287
Gráfico N° 33.	Tiempos Productivos Sacha X-13.....	288
Gráfico N° 34.	Tiempos No Productivos Sacha X-13.....	289
Gráfico N° 35.	Tiempos Productivos Shushufindi X-1.....	290
Gráfico N° 36.	Tiempos No Productivos Shushufindi X-1.....	291
Gráfico N° 37.	Tiempos Productivos Shushufindi X-2.....	292
Gráfico N° 38.	Tiempos No Productivos Shushufindi X-2.....	293
Gráfico N° 39.	Tiempos Productivos Shushufindi X-9.....	294
Gráfico N° 40.	Tiempos No Productivos Shushufindi X-9.....	295
Gráfico N° 41.	Porcentaje de tiempo no productivo.....	297
Gráfico N° 42.	NTP (Días y Horas) vs. TP (Porcentaje).....	298

ANEXOS

ANEXO A	Glosario de términos.....	308
ANEXO B	Evaluación del Rendimiento Técnico de las Brocas.....	311
ANEXO C	Diferencial de Profundidades.....	312
ANEXO D	Evaluación de Parámetros de Perforación del campo Centro Oriente Shushufindi –X10.....	313
ANEXO E	Rev./Gal.....	317
ANEXO F	Rendimiento por Formación Sección 12 1/4”.....	318
ANEXO G	Registro Masterlog de Evaluación de Formación.....	319
ANEXO H	Brocas Utilizadas en la Perforación de los Campos Sacha y Shushufindi.....	326
ANEXO I	Información de Brocas Smith Bits Caso de Estudio.....	330

ABREVIATURAS

(API)	American Petroleum Institute
(AN)	Área Total de los Chorros
(BHA)	Ensamblaje o equipo de fondo
(BOP)	Válvula impide reventones
(CGL)	Conglomerado
(DC)	Drill Collar
(DP)	Tubería de perforación
(DS)	Sarta de perforación
(EFEC)	Efectividad
(FTG)	Pies totales del calibre
(FT)	Pies
(FSC)	Facies Sísmica Central
(GPM)	Galones por minuto
(HSI)	Índice de limpieza
(HHPm)	Potencia en la Broca
(HHP)	Caballos de Fuerza Hidráulico
(HSP)	Presión Hidrostática
(HWDP)	Tubería de perforación de pared gruesa (Heavy Weight Drill Pipe)
(IADC)	Asociación Internacional de Contratistas de Perforación
(KOP)	Punto de Arranque del desvío
(KLB)	Kilolibra
(LGS)	Sólidos de baja gravedad específica
(LB/GAL)	Libras por galon
(LWD)	Anotaciones durante la perforación

(MW)	Densidad del Lodo
(MWD)	Mediciones durante la perforación
(MD)	Profundidad medida
(NTP)	Tiempo no productivo
(PSI)	Libras por pulgada cuadrada
(PDC)	Cortadora Policristalina de Diamante
(PPG)	Libras por galón
(PPM)	Partes por millón
(PV)	Viscosidad Plástica
(P)	Presión de Circulación, psi
(Q)	Caudal de Flujo, gpm
(RPM)	Revoluciones por minuto
(ROP)	Taza de penetración
(SPM)	Emboladas por minuto
(TD)	Profundidad total
(TVD)	Profundidad vertical total
(TQ)	Torque
(TSP)	Diamante Térmicamente Estable
(TFA)	Área total de flujo
(TP)	Tiempo productivo
(WOB)	Peso sobre la Broca
(YP)	Punto cedente
(∅)	Diámetro

UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA EN PETRÓLEO

RESUMEN

**“EVALUACIÓN DEL RENDIMIENTO TÉCNICO DE BROCAS EN
POZOS PERFORADOS EN EL CENTRO ORIENTE DE LA AMAZONÍA
ECUATORIANA”**

AUTORES: FRANKLIN GABRIEL RODRÍGUEZ ROMERO
TITO GONZALO BURGOS SUÁREZ

TUTOR: ING. TARQUINO LÓPEZ CADENA MSc.

Las brocas son uno de los componentes más necesarios en las operaciones de perforación, dependiendo de la adecuada aplicación. El retorno de la inversión del presupuesto planificado muchas veces va a depender tanto del rendimiento de la broca como de cualquier otro componente de los complejos sistemas de perforación. Las fallas que se generan en la utilización de las brocas representan una de las dificultades más usuales en la perforación en el Ecuador. El inconveniente varía por las veces que se baja la broca para cada uno de los cambios de diámetros no planificados, puede dar resultados como desgaste prematuro en toda la estructura de la broca y/o emboladas. Para la perforación de futuros pozos en el centro de la Cuenca-Oriente de la Amazonia ecuatoriana, se realizan estudios en los record de pozos en los campos Sacha y Shushufindi; para determinar los parámetros a fin de evitar los problemas que se suscitan en la broca.

La evaluación del rendimiento técnico en la broca en los pozos perforados contribuirá para el mejor control, fiscalización y optimización en la operación de perforación de nuevos pozos en los campos del Centro-Oriente de la Amazonia ecuatoriana.

INTRODUCCIÓN

Uno de los problemas en las operaciones de perforación en los pozos petroleros, constituye un prematuro daño en las brocas, lo cual implica un incremento sustancial en los costos y tiempos de operaciones, donde uno de los objetivos importantes del personal técnico es perforar el pozo en el menor tiempo posible.

Este plan de trabajo tiene por objeto evaluar el rendimiento de las brocas que incide en los proyectos de perforación de pozos horizontales y direccionales, para la optimización del tiempo de operación en pozos fiscalizados por la Agencia de Regulación y Control Hidrocarburífera (ARCH), en el Centro-Oriente de la Amazonia ecuatoriana, que contribuirá de forma técnica y práctica para los procesos de fiscalización y desarrollo de las operaciones de perforación, reduciendo tiempos y costos en la perforación mediante la investigación de los parámetros de perforación, reportes finales, caracterización litológica de los campos motivo del presente estudio, buscando ahorrar el tiempo de operación y optimización de la perforación de dichos pozos.

Utilizando un universo de 30 pozos pre-seleccionados de los campos del Centro-Oriente de la Amazonia ecuatoriana, Sacha y Sushufindi, de los cuales se evaluarán 10 pozos debido a los problemas que más se destacan en la perforación de los pozos a evaluar.

Debido al estudio, al que se desea direccionar toda la información para una adecuada sistematización de la información, se necesita analizarla y recopilarla. Este estudio de los pozos se realizará mediante la evaluación técnica de los reportes finales de la operación de perforación y debido al estudio al que se desea plantear toda la información se necesita analizar y recopilar la información de campo que proviene de los registros de los equipos, reportes finales de perforación, broca, direccionales, resumen de

fluidos y sólidos de perforación, utilizando la información de pozos con tecnología actualizada 2011 – 2014, tanto la información de campo como de las brocas y también de operación de equipos, tablas, matrices y gráficos.

PLANTEAMIENTO Y FORMULACION DEL PROBLEMA

El principal objetivos del personal técnico es perforar el pozo en el menor tiempo posible, esto significa orientar la selección de las brocas hacia la búsqueda del tipo que más duración tenga; se busca principalmente la máxima cantidad de metros perforando, eliminando así el costoso tiempo del viaje.

Las brocas son importantes en la determinación de la eficiencia de las operaciones de perforación ya que requiere un rendimiento óptimo, caso contrario por las veces que se baja la broca para cada diámetro de cada viaje para optimizar la perforación implica costos y tiempos no productivos los principales problemas son los siguientes: mal empleo del lodo de perforación, desgaste excesivo de los dientes en la broca, desgaste del diámetro de la broca, desprendimiento de conos, toberas tapadas, emboladas en la broca, empaquetamiento de la broca, etc.

La broca correcta desempeña un rol esencial en la optimización de la velocidad de penetración (ROP), lo que ayuda a minimizar los costos del equipo de perforación.

En los programas de desarrollo de campos petroleros, la determinación de la ROP o tasa de penetración es crítica para la asignación eficiente de equipos de perforación.

Por lo tanto para verificar la broca toca sacar el BHA lo cual implica tiempos no productivos importantes, por esos viajes no programados se ve afectada la actividad de la broca, esta es la razón por la que se evalúa

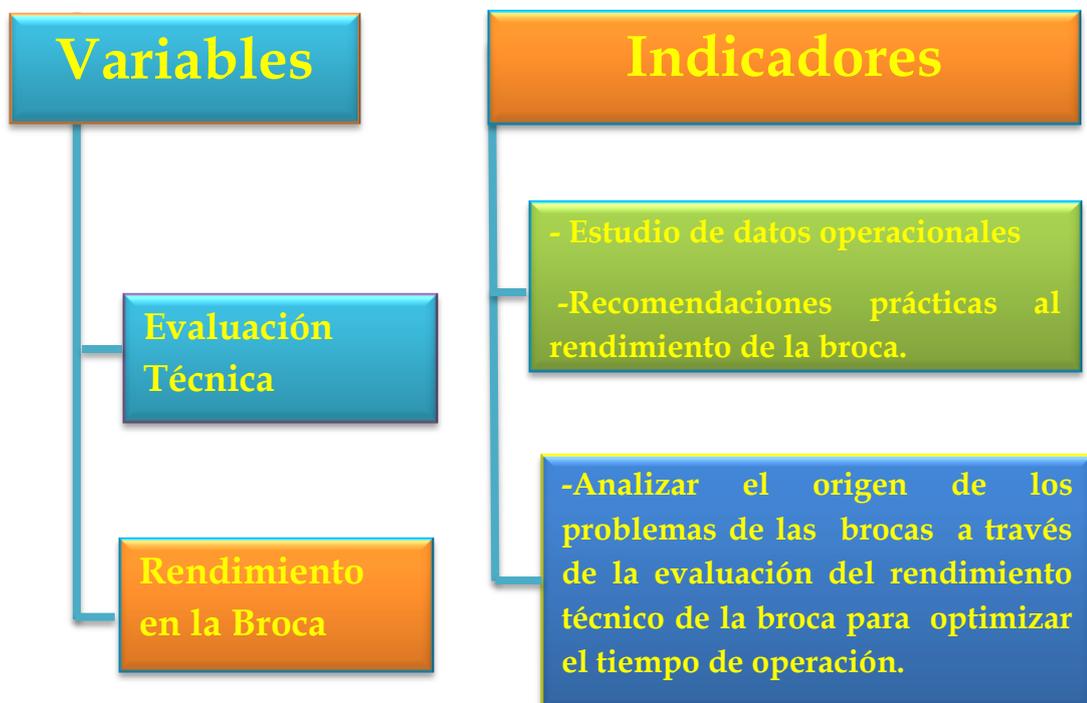
el rendimiento técnico de las brocas para mejorar la eficiencia en la perforación de un pozo horizontal o direccional para optimizar el tiempo de operación.

HIPÓTESIS

Determinar y evaluar técnicamente los problemas sobre el rendimiento en la broca en pozos perforados, contribuirá para el control, fiscalización y optimización en las operaciones de la perforación de nuevos pozos en el Centro-Oriente ecuatoriano.

VARIABLE DEPENDIENTE: Indagación técnica de los pozos perforados en el Centro-Oriente ecuatoriano.

VARIABLE INDEPENDIENTE: La prevención y la corrección de los problemas observados que se suscitan en la broca.



OBJETIVO DE LA INVESTIGACIÓN

OBJETIVO GENERAL

Evaluar técnicamente los factores que inciden en el rendimiento de brocas utilizadas en la perforación de pozos horizontales y direccionales en los campos del Centro-Oriente ecuatoriano para la optimización del tiempo de operación.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- ❖ Recopilar y seleccionar la información de pozos perforados candidatos, donde se han presentado problemas técnicos en las brocas, mediante los reportes técnicos finales emitidos por las compañías operadoras en los últimos 4 años (2011 – 2014).
- ❖ Analizar los problemas fundamentales de la perforación de los 30 pozos del Centro-Oriente de la Amazonia ecuatoriana estudiando las brocas y el rendimiento técnico en los pozos: CENTRO ORIENTE SACHA X2, CENTRO ORIENTE SACHA X3, CENTRO ORIENTE SACHA X5, hasta el CENTRO ORIENTE SACHA X14 y CENTRO ORIENTE SHUSHUFINDI X1, CENTRO ORIENTE SHUSHUFINDI X2, hasta el CENTRO ORIENTE SHUSHUFINDI X16.
- ❖ Planificar y desarrollar propuestas técnicas para la optimización del rendimiento técnico de las brocas en la perforación de pozos en el Centro-Oriente ecuatoriano.
- ❖ Recomendar según los indicadores, soluciones para evitar los problemas en las brocas, establecido en la evaluación desarrollada en el actual estudio.

JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

El tema sugerido nació de la necesidad de establecer una adecuada evaluación del rendimiento técnico de brocas, utilizadas en la perforación de pozos horizontales y direccionales, en cuanto a identificar el contexto técnico para la optimización del tiempo de operación y en las distintas fases de perforación que se desarrollan en el centro de la cuenca del Oriente ecuatoriano.

La recolección de información es levantada en fichas técnicas especiales de acuerdo a los parámetros que se va a obtener en el campo:

- Menor tasa de penetración;
- Desprendimiento de toberas;
- Desprendimientos de conos;
- Desgaste prematuro en la broca;
- Toberas tapadas;
- Análisis de los tiempos no productivos; etc.

En la elaboración del tema se ha seguido métodos científicos e investigativos, ya que se busca un apoyo bibliográfico que ratifique o rectifique los resultados y teorías que se obtienen sobre el mismo.

De igual manera el método inductivo nos va a permitir partir del problema, actualizar una evaluación técnica de procedimientos establecidos, y plantear mejoras a proyectos futuros.

FACTIBILIDAD

La presente labor es posible realizarlo porque cuenta con recursos bibliográficos, web gráficos, tecnológicos y lo más importante, el talento humano de los investigadores para el desarrollo del mismo en conjunto con el asesoramiento técnico de los Ingenieros de Perforación de la Coordinación de Exploración y Explotación de la empresa; Ing. Einstein Barrera e Ing. Marcelo Rosero.

También se cuenta con el concurso de profesores de la Escuela de Petróleo de la Universidad Estatal Península de Santa Elena. Adicionalmente existe el tiempo estimado dado por la Agencia de Regulación y Control Hidrocarburífera (ARCH) y el Ing. Tarquino López Cadena MSc. tutor asignado para la tesis, que se lleva a cabo en una investigación en 6 meses.

CAPÍTULO I
MARCO TEÓRICO

1. MARCO TEÓRICO

1.1. MISIÓN Y VISIÓN DEL TEMA A INVESTIGAR

1.1.1. Misión

Un objetivo operativo e importante del proceso de la perforación persigue la optimización de estas operaciones para minimizar tiempos y costos, para que las empresas al aplicarlas utilicen menor tiempo y reduzcan costos en el país, es decir, una perforación impecable y recomendar las mejores prácticas para la optimización de estos procesos, es lo que se pretende contribuir con la presente investigación.

1.1.2. Visión

El estudio de la evaluación técnica del rendimiento de las brocas en pozos perforados, delimita el monitoreo de los factores operativos de calidad y sirve para el control y fiscalización de las operaciones de perforación de nuevos pozos en el Centro-Oriente ecuatoriano.

1.2. ASPECTOS GENERALES DE LA CUENCA DEL CENTRO ORIENTE DE LA AMAZONÍA ECUATORIANA

El Oriente ecuatoriano es una parte extensa de la cuenca amazónica sudamericana o de la cadena de cuencas sucesivas que se formaron desde Venezuela hasta Bolivia, entre la Cordillera de los Andes y el Escudo Guayana-Brasileño. Se encuentra ubicada al este de la Cordillera de los Andes, entre los 77°45' y 75°15' de longitud Occidental, 0°15' de latitud norte y 4°30' de latitud sur.

Esta gran cuenca del Amazonas está ubicada entre dos puntos, al norte el Escudo Guayanés y al sur el Escudo Brasileño. Desde el punto de vista tectónico se subdivide en dos regiones o zonas: una adyacente a la Cordillera Central llamada zona Subandina y, otra hacia el este, la cuenca Oriental propiamente dicha. En el Ecuador se extiende desde las estribaciones de la Cordillera Oriental o zona Subandina hacia el este, estrechándose hasta formar una garganta a lo largo de la desembocadura del río Amazonas.

La cuenca comprende un área de 150.000 Km², aproximadamente, está limitada al norte por el umbral o saliente de Vaupés (Colombia), al sur por el arco de Contaya (Perú), al este por el escudo Guayano-Brasileño, y al oeste por la Cordillera de los Andes.

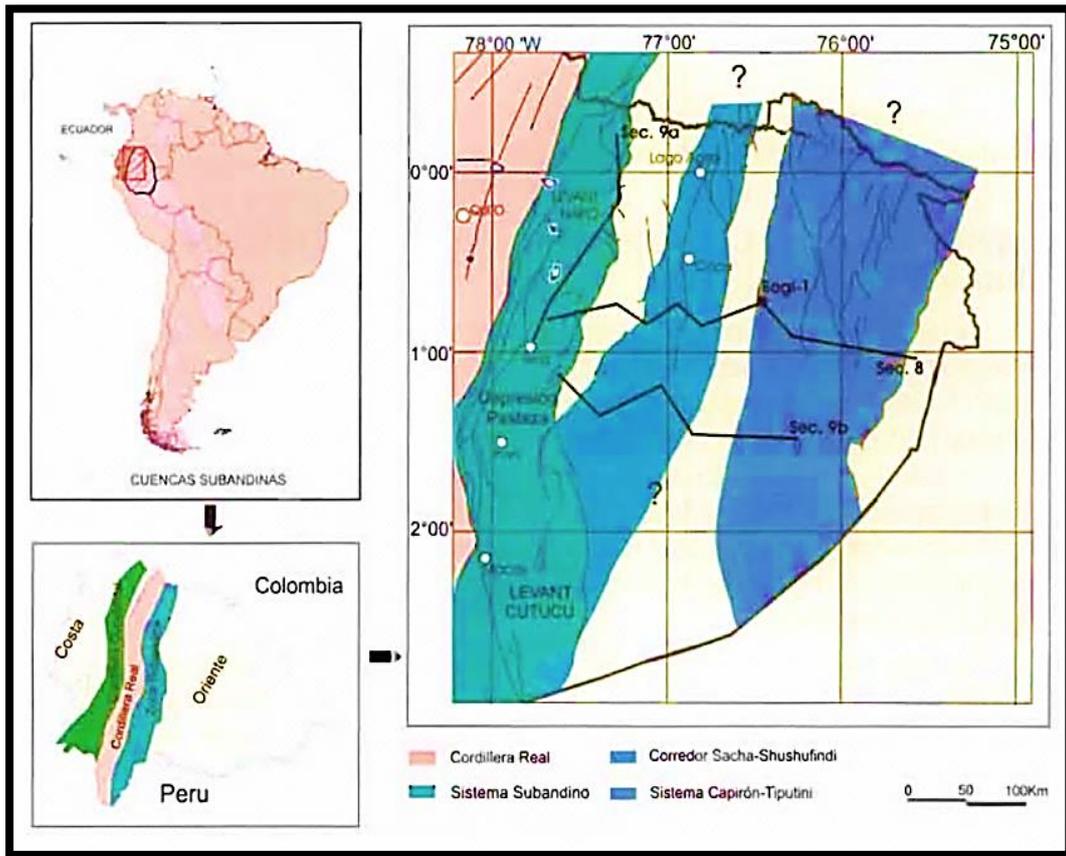


Fig. 1. Localización de la Cuenca Oriente de la Amazonia Ecuatoriana
Fuente: Patrice Baby, Rivadeneira Marco, Barragán Roberto, (1999), “La Cuenca Oriente Geología y Petróleo”

1.2.1. Estratigrafía del Oriente

Una secuencia de sedimentos mesozoicos terciarios, algunos de 8 a 12 km., de espesor, fueron depositados en la cuenca Oriental por una sucesión de ciclos sedimentarios, separados por periodos erosivos.

Las condiciones marinas en la era del Jurásico inferior y el Cretácico superior, contrastan con los sedimentos del Jurásico superior, Cretácico inferior y terciario, que son mayormente de agua dulce y salobre u origen continental, rocas paleozoicas no metamorfoseadas afloran solo en la

zona Sub-Andina, pero probablemente ocurren en forma de delgados depósitos de plataforma sobre yaciendo directamente, basamento antiguo (precámbrico) (escudo Guayanés) en algunos lugares debajo del grueso recubierto Mesozoico-Terciario. Los equivalentes metamorfoseados de las rocas paleozoicas y de aguas profundas pueden formar parte de la Cordillera Real.

La cuenca ecuatoriana está constituida por secuencias sedimentarias y volcánicas, estas reflejan el resultado de diversos procesos transgresivos y regresivos, que van desde el Paleozoico hasta el Cuaternario, las cuales descansan sobre un subsuelo Precámbrico. La mayoría de estas formaciones afloran en el sistema Sub-andino.

Las formaciones paleozoicas han sido identificadas únicamente al norte del levantamiento Cutucú y en algunos pozos (Sacha Profundo, Shushufindi A-39, Pichincha-1, etc.).

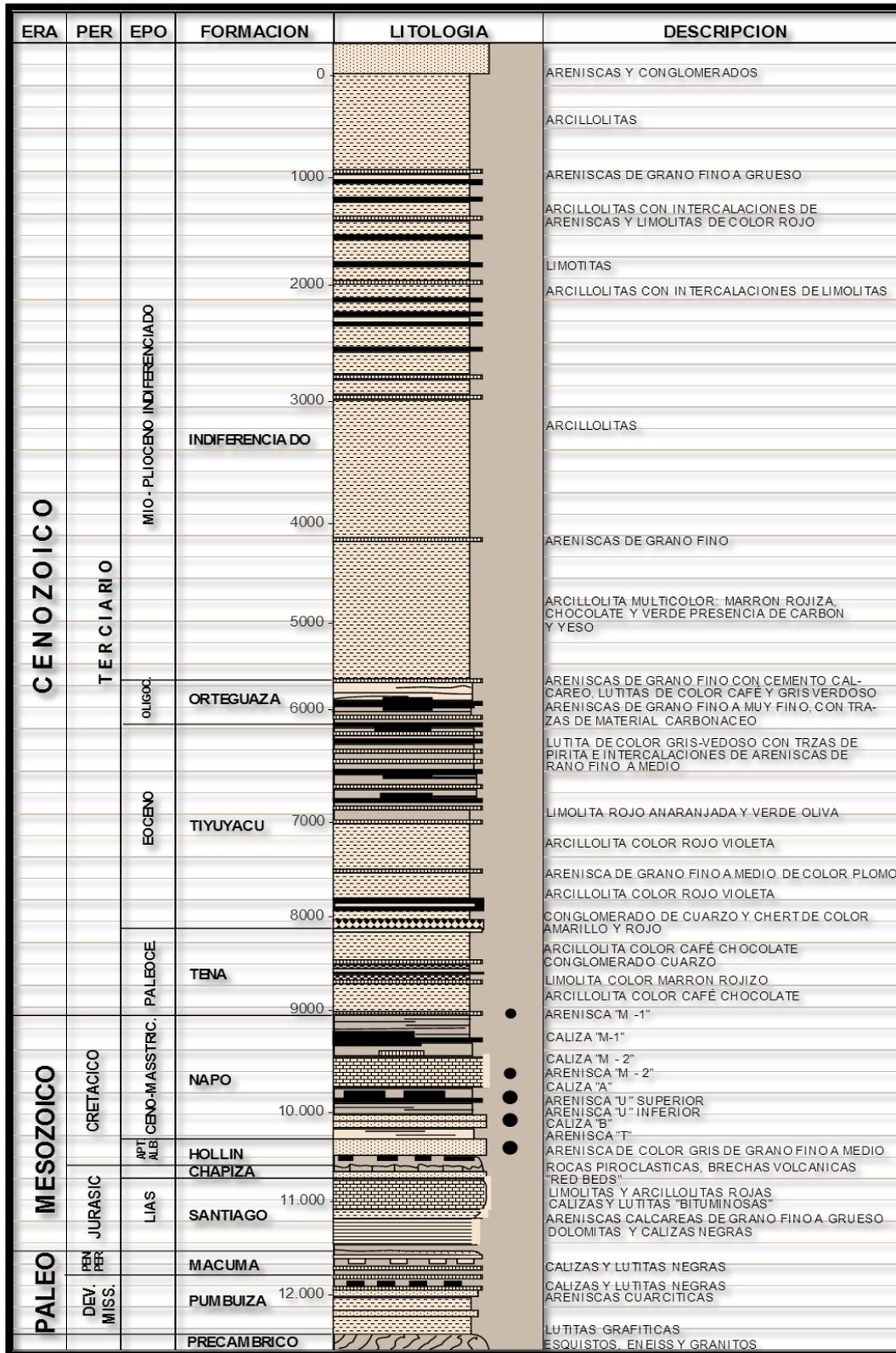


Fig. 2. Columna Estratigráfica generalizada del Centro Oriente de la Amazonia Ecuatoriana

Fuente: Patrice Baby, Rivadeneira Marco, Barragán Roberto, (1999), "La Cuenca Oriente Geología y Petróleo"

1.2.2. Geología del Oriente

La sección cretácica de las formaciones Napo, Hollín y Basal Tena en la cuenca Oriente ecuatoriana exhiben características bien definidas dentro de un modo de estratigrafía secuencial. Sus segmentos elásticos fundamentan las variaciones eustáticas, ocurridas a escala global, durante el período comprendido entre el Aptiano y el Mastrichtiano, reflejando drásticos cambios paleo-geográficos, variaciones laterales de facies y fluctuaciones de la línea de costa, de hasta 200 Km dentro de la plataforma marina somera Oriente.

Cada secuencia depositacional incluye un límite erosivo a la base, que corresponde a la incisión de valles fluviales durante la caída del nivel del mar. El relleno de estos valles durante el inicio de la transgresión está caracterizado por sistemas fluviales y estuarios, seguidos por el posicionamiento del sistema transgresivo principal y del prisma de alto nivel correspondiente a una sedimentación marina somera.

La mayoría de los ciclos sugiere una transición de facies de este a oeste, de ambientes fluviales continentales y de estuario a plataforma marina somera. El mapa estructural de tope de la zona de Arenisca "U" de la formación Napo, define su estructura como un anticlinal asimétrico, de forma alargada en dirección Norte – Sur, limitado por una falla, de tipo normal, en la parte este del campo, que actúa como sello para poder originar los yacimientos en "U" y "T", donde el bloque levantado está en la parte oeste y el hundido en la parte este del campo. Los sedimentos Cenozoicos (formaciones Tena superior, Tiyuyacu, Chalcana, Orteguaza, Arajuno, Chambira, Mesa y Mera), provienen del oeste de la cuenca, llegando a tener un espesor de 1500 a 2000 m. (plataforma Tiputini), y de 2500 a 4000 m. en el centro de la cuenca.

Es evidente que el período más importante de depositación para la generación y acumulación de hidrocarburos en la cuenca fue durante el cretácico, en el cuál las estructuras predominantes para el entrapamiento de los hidrocarburos constituyen anticlinales, generalmente limitados por fallas, que les dan el carácter de trampas estructurales combinadas.

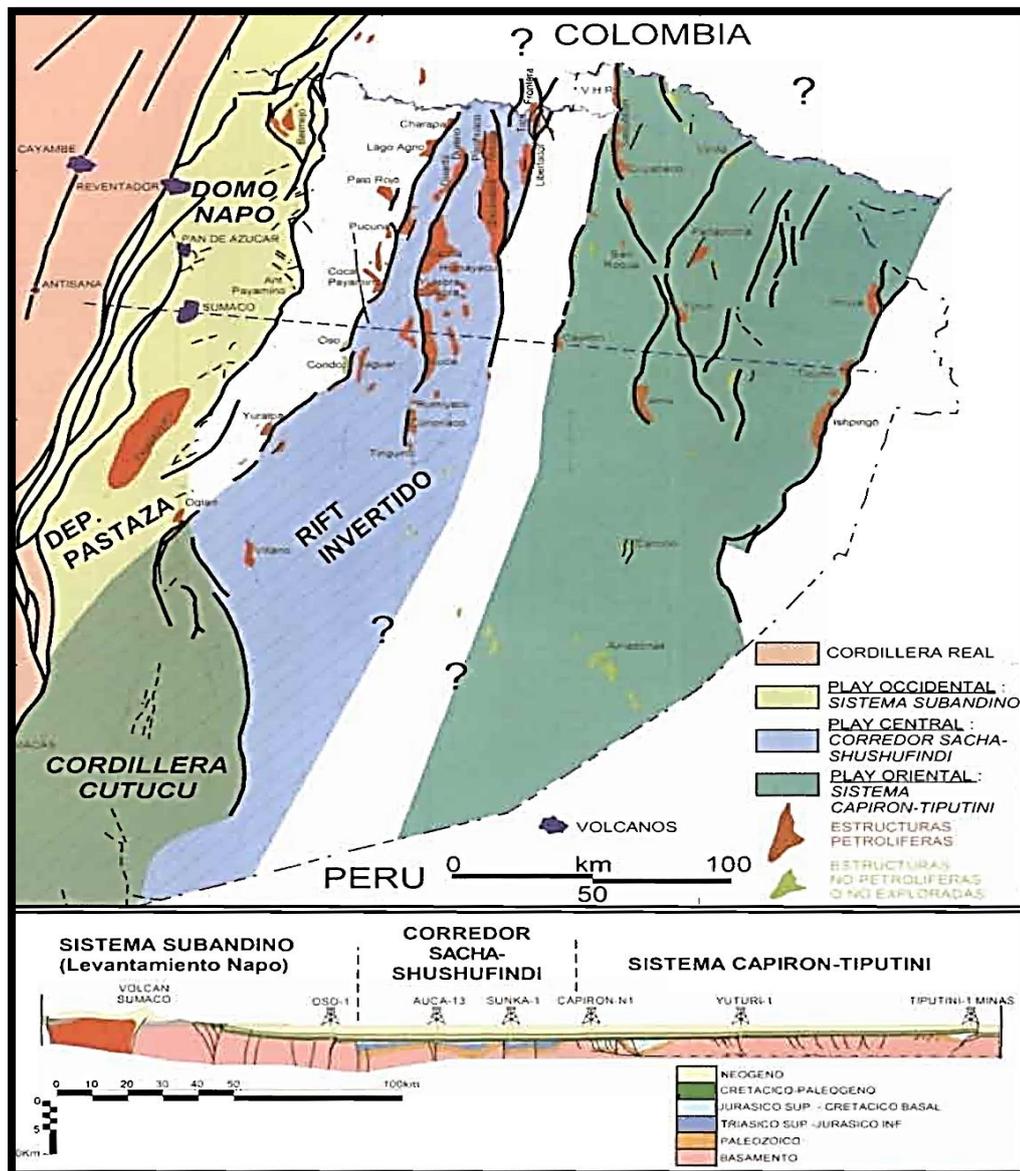


Fig. 3. Mapa y sección estructural de la Cuenca Oriente con sus tres corredores estructurales petrolíferos.

Fuente: Patrice Baby, Rivadeneira Marco, Barragán Roberto, (1999), "La Cuenca Oriente Geología y Petróleo"

1.2.2.1. Corredor Sacha – Shushufindi

Para calibrar las facies sísmicas en el corredor Sacha – Shushufindi, la información litológica de los pozos Sacha profundo-1 y Shushufindi A-39 (Fig.5), los mismos que atravesaron parcialmente las formaciones pre-aptense, a 5925 y 2710 pies de pre-aptense, respectivamente. Para la descripción litológica por formaciones a estudiar se utilizó el pozo Sacha X-14 y Shushufindi X-1.

El análisis de la sección sísmica permitió dividir al pre-aptense en seis facies sísmicas (FSC), diferenciables por el marcado contraste de las reflexiones y por la presencia de fuertes reflectores que las separan (discontinuidades regionales).

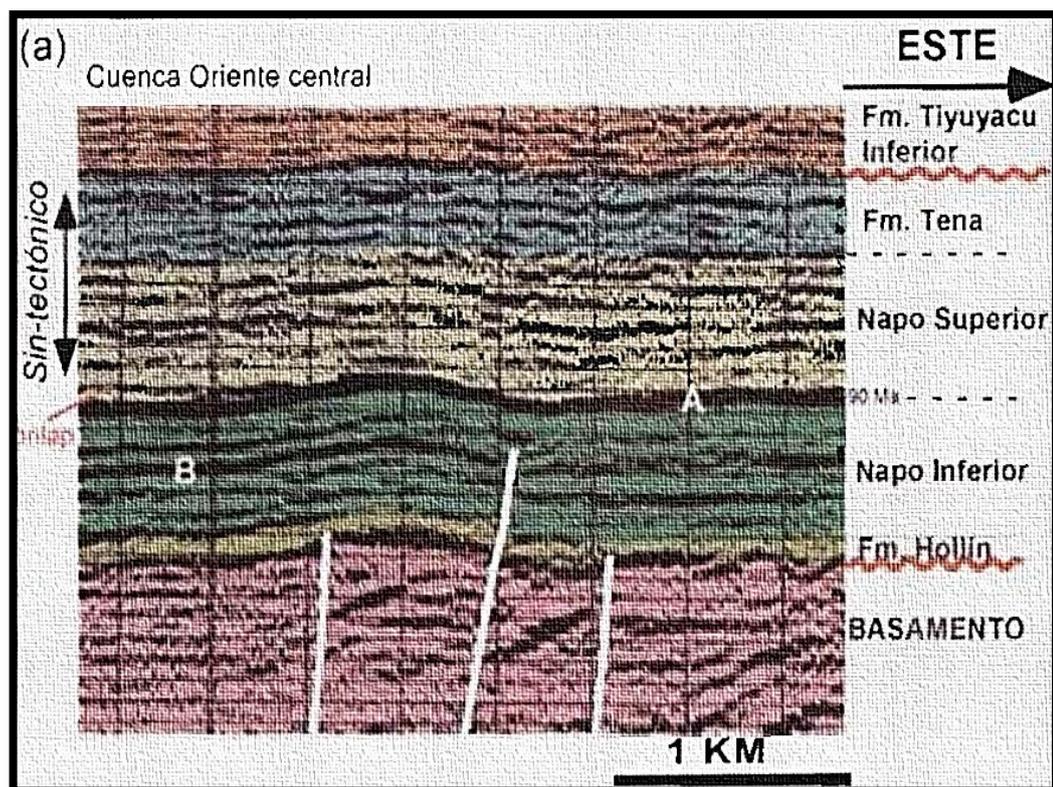


Fig. 4. Tectónica Sedimentaria en compresión de los ciclos V

Fuente : Patrice Baby, Rivadeneira Marco, Barragán Roberto, (1999), “La Cuenca Oriente: Geología y Petróleo”

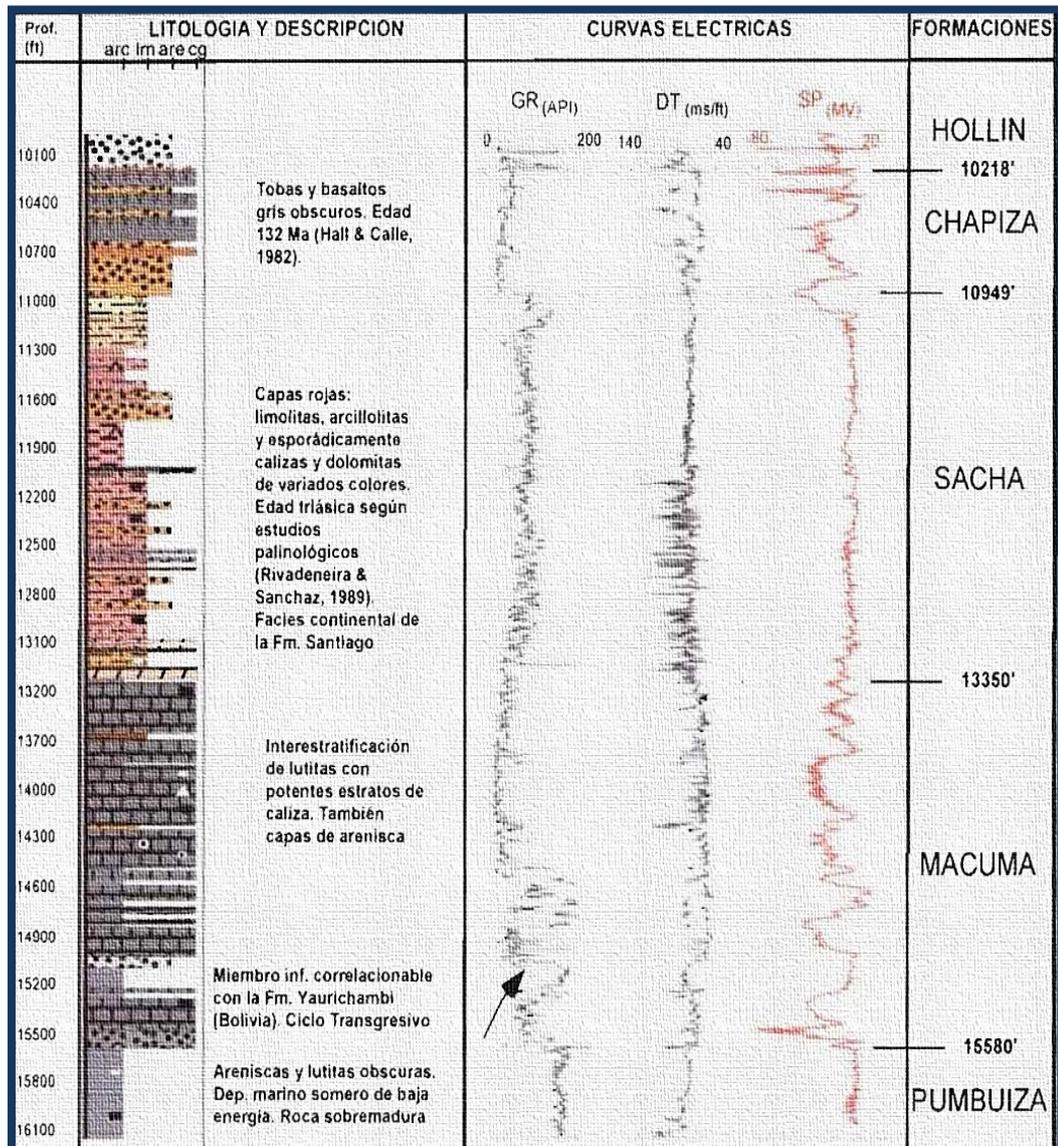


Fig. 5. Registro del pozo Sacha Profundo-1 (Pre-Aptense).

Fuente : Patrice Baby, Rivadeneira Marco, Barragán Roberto, (1999), "La Cuenca Oriente: Geología y Petróleo"

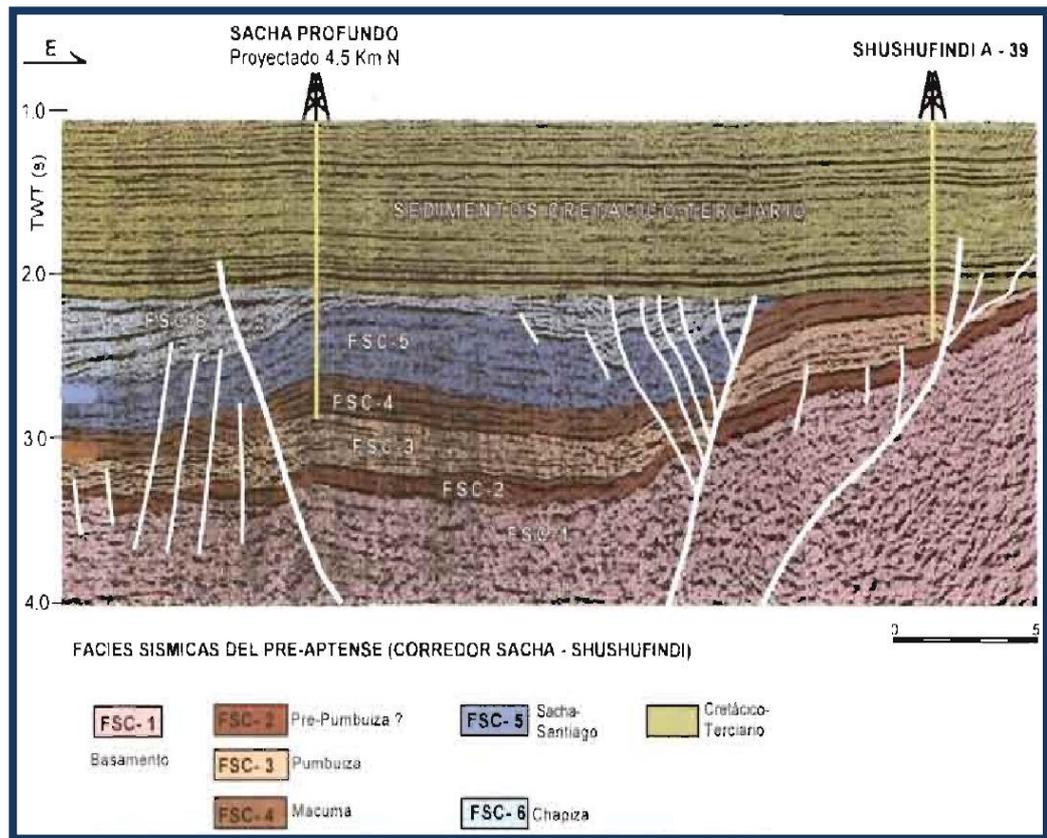


Fig. 6. Estructura Sacha – Shushufindi (facies sísmicas del Pre –Aptense)
Fuente: Patrice Baby, Rivadeneira Marco, Barragán Roberto, (1999), “La Cuenca Oriente: Geología y Petróleo”

FSC-1 (Facies Sísmica Central - 1: pre-Cámbrico), constituye el basamento cristalino y metamórfico relacionado al escudo guayanés. En la sección analizada de la (Fig.6), y al igual que en otras, muestra una respuesta indeterminada y confusa.

FSC-2, presenta dificultades en la equivalencia, pudiendo corresponder a la parte inferior de la formación Pumbuza, pero lo más probable es que se trate de una formación más antigua (de edad anterior al Silúrico Tardío). La respuesta sísmica es muy clara con reflectores continuos lateralmente.

FSC-3, corresponde a la formación Pumbuiza (Silúrico – devónico), presenta un contacto bien marcado con la formación Macuma (Carbonífero – Pérmico), observado en varias secciones sísmicas del corredor. Este contacto representa una superficie de erosión regional que separa a estas dos formaciones, la misma que produce cambios laterales muy fuertes del espesor.

FSC-4, se caracteriza por tener reflectores sísmicos muy claros y continuos, de buen encadenamiento lateral y configuración paralela, que corresponden a la formación Macuma. Estos reflectores son característicos de secuencias carbonatadas y pueden ser considerados como provechosos horizontes sísmicos marcadores.

FSC-5, representa la formación Sacha, que da una edad triásica a las capas rojas localizadas inmediatamente sobre los sedimentos de la formación Macuma. Está conservada en grabens o semi-grabens.

FSC-6, representa a la formación Chapiza integrada por depósitos volcanos-sedimentarios, con basaltos hacia el techo de FCS-6, se presenta un truncamiento erosional con una marcada discordancia angular al contacto con la formación Hollín.

1.2.3. Descripción litológica por formaciones tomando como referencia un pozo del Centro Oriente de la Amazonía Ecuatoriana

La secuencia estratigráfica de este pozo está compuesta de las siguientes formaciones:

1.2.3.1. Indiferenciado

La empresa Petrokem logging Serviles realizó un control litológico, iniciando a 47ft MD dentro del Mio Plioceno indiferenciado, en la que se observó las siguientes características:

De 47ft MD hasta 200ft MD

En este intervalo encontramos principalmente conglomerados intercalado con arenisca y arcillolita.

Conglomerado: Cuarzoso lítico, negro, gris oscuro, gris verdoso, blanco, blanco lechoso, menos café amarillento, translúcido a opaco, suelto, muy duro, fragmentos angulares, fractura concoidea.

Arenisca: Cuarzosa - lítica, blanca amarillenta, café clara, blanca, gris clara, negra, translúcida a opaca, suelta, grano fino a medio, subangular a subredondeada, regular clasificación, matriz no visible, cemento no visible, pobre porosidad inferida. No presenta hidrocarburos.

Arcillolita: Café rojiza, café amarillenta, naranja claro, suave a moderadamente firme, irregular, textura cerosa, no calcárea. Para este intervalo tenemos una rata de penetración promedio de 30 pies/h.

De 200ft MD hasta 1300ft MD

En este intervalo encontramos principalmente arenisca intercalado con arcillolita.

Arenisca: Cuarzosa - lítica, blanca amarillenta, café clara, blanca, gris clara, negra, translúcida a opaca, suelta, grano fino a medio,

subangular a subredondeada, regular clasificación, matriz no visible, cemento no visible, pobre porosidad inferida.

Arcillolita: Café rojiza, gris verdosa, café amarillenta, crema, café rojiza moteada con crema, púrpura, suave a moderadamente firme, sub-bloque a bloque, textura cerosa, no calcárea.

Para este análisis tenemos una rata de penetración promedio de 215 pies/h.

De 1300ft MD hasta 2600ft MD

En este intervalo encontramos principalmente arcillolita, intercalado con arenisca y pequeños niveles de limolita y carbón hacia la base de esta sección.

Arenisca: Cuarzosa, gris clara, blanca lechosa, blanca amarillenta, translúcida, suelta, menos friable, grano fino a medio, subredondeada a subangular, regular clasificación, matriz arcillosa, cemento no visible, pobre porosidad inferida.

Limolita: Gris clara, gris verdosa, moderadamente dura a dura, sub-bloque, textura terrosa, no calcárea. Ocasionalmente gradando a arenisca de grano muy fino.

Arcillolita: Café amarillenta, café rojiza, gris verdosa, púrpura, crema, café rojiza moteada con crema, moderadamente dura, sub-bloque, textura terrosa, no calcárea.

Carbón: Negro, café oscuro, suave a moderadamente firme, sub-laminar, sub-bloque, textura leñosa.

Para este intervalo tenemos una rata de penetración promedio de 221 pies/h.

De 2600ft MD hasta 5862ft MD

En este intervalo encontramos principalmente arcillolita asociada con anhidrita, ocasionalmente intercalada con finos niveles de limolita, hacia la base encontramos arcillolita intercalada con limolita y arenisca.

Arcillolita: Púrpura, café amarillenta, café rojiza, gris verdosa, gris clara, crema, moderadamente firme a firme, sub-bloque, cerosa, ligeramente calcárea. Asociada con anhidrita.

Limolita: Gris clara, crema, café rojiza, moderadamente firme a firme, sub-bloque a bloque, localmente gradando a arenisca de grano muy fino, no calcárea.

Arenisca: Cuarzosa, blanca, blanca amarillenta, translúcida, grano medio, sub-redondeado a sub-angular, suelta, buena clasificación, matriz no visible, cemento no visible, buena porosidad inferida. No presenta hidrocarburos.

Para este intervalo tenemos una rata de penetración promedio de 154 pies/h.

1.2.3.2. Formación Orteguaza

TOPE: 5862ft MD / 5427ft TVD / - 4541ft TVD SS (Cuttings)

Espesor: 920ft (Cuttings)

Edad: Oligoceno

De 5862ft MD hasta 6000ft MD

Este intervalo está compuesto principalmente de lutita.

Lutita: Gris verdosa, gris clara, café claro, suave a moderadamente firme, sub-físil, sub-laminar, astillosa, quebradiza, cerosa, no calcárea. Para este trecho tenemos una rata de penetración promedio de 60 pies/h.

De 6000ft MD hasta 6350ft MD

Este intervalo está compuesto principalmente de lutita y limolita intercalada con niveles de arcillolita y arenisca en la parte superior de esta capa.

Arenisca: Cuarzosa, blanca, gris clara, sub-translúcida, grano muy fino a fino, sub-redondeada, friable, buena clasificación, matriz arcillosa, cemento no visible, pobre porosidad inferida.

Limolita: Gris clara, gris verdosa, crema, moderadamente dura a suave, sub-bloque, terrosa, no calcárea.

Arcillolita: Café rojiza, púrpura, café amarillenta, crema, suave, irregular a sub-bloque, cerosa a terrosa, no calcárea.

Lutita: Gris verdosa, gris clara, suave a moderadamente firme, sub-físil, sub-laminar, quebradiza, cerosa, no calcárea.

Para este estudio tenemos una rata de penetración promedio de 95 pies/h.

De 6350ft MD hasta 6782ft MD

Este intervalo está compuesto principalmente de lutita y limolita intercalada con niveles de arenisca.

Arenisca: Cuarzosa, blanca, gris verdosa, subtransparente a subtranslúcida, grano muy fino a fino, subredondeada, friable, regular clasificación, matriz arcillosa, cemento calcáreo, regular porosidad inferida, asociada con glauconita.

Limolita: Gris verdosa, gris clara, crema, moderadamente firme a firme, sub-bloque a bloque, terrosa, no calcárea. Localmente gradando a arenisca de grano muy fino.

Lutita: Gris clara, gris verdoso, gris, suave a moderadamente firme, físil, plana, laminar, astillosa, cerosa, no calcárea.

Para este intervalo tenemos una rata de penetración promedio de 85 pies/h.

1.2.3.3. Formación Tiyuyacu

TOPE: 6782ft MD / 6250ft TVD / - 5364ft TVDSS (Cuttings)

Espesor: 1783ft (Cuttings)

Edad: Eoceno

Esta formación está compuesta predominante de arcillolita intercalada con limolita y pequeños niveles intercalados de arenisca. Además están presentes 2 cuerpos de conglomerado: el superior caracterizado por ser predominantemente de cuarzo y el Inferior constituido de chert.

De 6782ft MD hasta 6954ft MD

Este intervalo está constituido principalmente de una secuencia de arcillolita con intercalaciones de limolita y arenisca.

Arenisca: Cuarzosa, blanca, blanca amarillenta, subtranslúcida, grano medio a grueso, subangular a subredondeada, suelta, regular clasificación, matriz no visible, cemento no visible, regular porosidad inferida.

Arcillolita: Café rojiza, café amarillenta, gris clara, crema, púrpura, moderadamente dura a suave, sub-bloque a irregular, cerosa a terrosa, no calcárea.

Para este intervalo tenemos una rata de penetración promedio de 40 pies/h.

1.2.3.3.1. Conglomerado Tiyuyacu Superior

TOPE: 6954ft MD / 6403ft TVD / - 5517ft TVDSS (Cuttings)

Espesor: 239ft (Cuttings)

Edad: Eoceno inferior - Eoceno superior

Esta sección está compuesta predominantemente de conglomerado de cuarzo con finas intercalaciones de arcillolita y arenisca. A partir de 7060' MD, se encontró masivamente el conglomerado.

Conglomerado: Cuarzoso, blanco, blanco amarillento, blanco lechoso, gris claro, en la parte superior y blanco lechoso, gris oscuro y negro hacia la base, subtranslúcido a opaco, suelto, duro a muy duro, fragmentos angulares, fractura concoidea.

Arenisca: Cuarzosa, blanca lechosa, blanca amarillenta, gris clara, subtranslúcida, grano medio a grueso, subangular a subredondeada, suelta, pobre clasificación, matriz arcillosa, cemento no visible, pobre porosidad inferida.

Arcillolita: Café rojiza, café amarillenta, amarilla, moderadamente firme a firme, sub-bloque a bloque, terrosa, no calcárea.

Para esta capa tenemos una rata de penetración promedio fue de 24 pies/h.

De 7193ft MD hasta 7950ft MD

Este intervalo está constituido principalmente por una secuencia de arcillolita con delgadas intercalaciones de limolita.

Limolita: Gris clara, gris verdoso, gris, moderadamente firme a firme, sub-bloque a bloque, no calcáreo.

Arcillolita: Café rojiza, café rojiza moteada con crema, crema, roja ladrillo, crema amarillenta, púrpura, suave, sub-bloque, ocasionalmente plástica, cerosa, no calcárea.

Para esta sección tenemos una rata de penetración promedio de 36 pies/h.

De 7950ft MD hasta 8120ft MD

Este intervalo está constituido principalmente por una secuencia de arcillolita con delgadas intercalaciones de conglomerado (chert).

Conglomerado: Chert, amarillo, mostaza, ámbar, gris claro, negro, opaco, moderadamente duro a muy duro, fragmentos angulares, fractura concoidea.

Arcillolita: Café rojiza, café rojiza moteada con crema, crema, roja ladrillo, crema amarillenta, suave, sub-bloque, cerosa, no calcárea.

Para este intervalo tenemos una rata de penetración promedio de 23 pies/h.

1.2.3.3.2. Conglomerado Tiyuyacu Inferior

TOPE: 8120ft MD / 7448ft TVD / - 6562ft TVDSS (Cuttings)

Espesor: 445ft (Cuttings)

Edad: Eoceno inferior

De 8120ft MD hasta 8460ft MD:

Esta sección está compuesta predominantemente de conglomerado (chert)

Conglomerado: Chert, negro, mostaza, amarillo claro, verde claro, ámbar, verde oscuro, café rojizo, opaco, moderadamente duro a muy duro, fragmentos, angulares, fractura concoidea.

De 8460ft MD hasta 8565ft MD

Este intervalo está compuesto de conglomerado (chert), intercalada con niveles de arenisca y arcillolita.

Conglomerado: Chert, negro, amarillo, verde claro, verde oscuro, café rojizo, blanco lechoso, opaco, moderadamente duro a muy duro, fragmentos angulares, fractura concoidea.

Arenisca: Cuarzosa - lítica, gris clara, negra, blanca, translúcida, grano medio, subangular a subredondeada, friable, regular clasificación, matriz arcillosa, cemento no visible, pobre porosidad inferida.

Arcillolita: Café rojiza, crema, café rojiza moteada con crema, suave a moderadamente dura, sub-bloque a irregular, terrosa, no calcárea.

Para esta sección tenemos una rata de penetración promedio de 24 pies/h.

1.2.3.4. Formación Tena

TOPE: 8565ft MD / 7843ft TVD / - 6957ft TVDSS (Cuttings)

Espesor: 937ft (Cuttings)

Edad: Cretácico Superior (Maestrichtiano) - Paleoceno

Esta formación compuesta principalmente por arcillolita con intercalaciones de limolita y niveles de caliza a la base de esta sección.

Limolita: Gris verdosa, gris claro, café rojiza, moderadamente dura, sub-bloque a bloque, terrosa, ligeramente calcárea. Gradando a una arenisca de grano muy fino.

Arcillolita: Chocolate, café amarillenta, café rojiza, gris clara, moderadamente dura a suave, sub-bloque a bloque, cerosa a terrosa, ligeramente calcárea.

Caliza: Crema, crema moteada con gris claro, moderadamente dura, sub-bloque, packstone, pobre porosidad inferida. No presenta hidrocarburo.

Para esta fase tenemos una rata de penetración promedio de 63 pies/h.

1.2.3.4.1. Basal Tena

TOPE: 9502ft MD / 8701ft TVD / - 7815ft TVDSS (Cuttings)

Edad: Cretácico Superior (Maestrichtiano)

Este intervalo está formado principalmente por un cuerpo de arenisca con intercalaciones de arcillolita y en la base lutita.

Arenisca: Cuarzosa, blanca, gris clara, subtranslúcida, grano muy fino a fino, subangular a subredondeada, friable, regular clasificación, matriz caolinítica y cemento calcáreo, regular porosidad inferida. No presenta hidrocarburos.

Arcillolita: Chocolate, café amarillenta, café rojiza, crema, moderadamente firme, irregular a sub-bloque, terrosa, ligeramente calcárea.

Lutita: Gris oscura, negra, moderadamente dura, sub-laminar a laminar, sub-físil, astillosa, cerosa, no calcárea.

Para esta sección tenemos una rata de penetración promedio de 25 pies/h.

1.2.3.5. Formación Napo

TOPE: 9507ft MD / 8705ft TVD / - 7819ft TVDSS (Cuttings)

Espesor: 1155ft (Cuttings)

Edad: Cretácico Inferior – Cretácico Superior

La formación Napo está conformada por una secuencia intercalada de lutitas, areniscas y calizas. Las areniscas constituyen los objetivos secundarios para la perforación de este pozo (Arenisca “U” Inferior – Arenisca “T” Inferior). Esta secuencia está constituida principalmente de lutita con finas intercalaciones de caliza hacia la parte superior e inferior de este intervalo.

Lutita: Gris oscura, negra, suave a moderadamente dura, sub-laminar a laminar, sub-físil, astillosa, cerosa, ligeramente calcárea.

Caliza: Gris clara, gris clara moteada con crema, moderadamente dura, bloque a sub-bloque, textura packstone, pobre porosidad inferida, no presenta hidrocarburos.

Para esta sección se tuvo una rata de penetración promedio de 65 pies/h.

1.2.3.5.1. Caliza “M-1”

TOPE: 9754ft MD / 8932ft TVD / - 8046ft TVDSS (Cuttings)

Edad: Santoniano Inferior

Este miembro está formado por calizas y lutitas.

Lutita: Gris oscura, negra, gris clara, moderadamente firme a firme, laminar, físil, astillosa, plana, cerosa, quebradiza, no calcárea.

Caliza: Crema, crema moteada con gris claro, blanca, suave a moderadamente firme, sub-bloque a bloque. Textura mudstone. No presenta hidrocarburos.

Para esta capa se tuvo una rata de penetración promedio de 45 pies/h.

1.2.3.5.2. Caliza “M-2”

TOPE: 9959ft MD / 9124ft TVD / - 8238ft TVDSS (Cuttings)

Edad: Turoniano Superior

Este miembro está formado por calizas con intercalaciones de lutitas, a lo largo de la sección.

De 9959ft MD hasta 9990ft MD

Lutita: Negra, gris oscura, moderadamente firme a firme, sub-laminar, sub-físil, astillosa, plana, quebradiza, ligeramente calcárea.

Caliza: Crema, gris oscura, gris clara, gris clara moteada con crema, moderadamente dura, sub-bloque, packstone. No presenta hidrocarburos.

De 9990ft MD hasta 10009ft MD

Este intervalo está formado por calizas con intercalaciones de lutitas.

Lutita: Negra, gris oscura, moderadamente firme a firme, laminar, físil, astillosa, plana, quebradiza, ligeramente calcárea.

Caliza: Crema, café gris oscuro, café clara, crema moteada con gris oscuro, crema, suave a moderadamente dura, sub-bloque. Mudstone. Manchas de hidrocarburos, en parches, café claro, fluorescencia natural amarillo pálido, fluorescencia al corte amarillo verdoso lento, nuboso. Con LUV: anillo residual delgado, amarillo verdoso; con LN: anillo residual no visible. Pobre saturación de hidrocarburo.

De 10009ft MD hasta 10108ft MD

Este intervalo está formado por lutitas con intercalaciones de lutitas hacia la base.

Lutita: Negra, gris oscura, gris clara, moderadamente firme a firme, laminar, físil, astillosa, plana, quebradiza, cerosa, ligeramente calcárea.

Caliza: Crema, gris clara, crema moteada con gris claro, gris oscura, suave a moderadamente dura, sub-bloque. Mudstone. No presenta hidrocarburo.

Para este miembro se tuvo una rata de penetración promedio de 53 pies/h.

1.2.3.5.3. Caliza “A”

TOPE: 10108ft MD / 9262ft TVD / - 8376ft TVDSS (Cuttings)

Edad: Turoniano Inferior – Turoniano Medio

Este miembro está formado por calizas con pequeñas intercalaciones de lutita.

Lutita: Negra, gris oscura, gris clara, moderadamente firme a firme, laminar, físil, quebradiza, astillosa, plana, cerosa, ligeramente calcárea.

Caliza: Gris oscura, crema moteada con gris oscura, gris clara, gris clara moteada con crema, suave a moderadamente firme, sub-bloque. Packstone Manchas de hidrocarburos, en parches, negro, fluorescencia natural no visible, fluorescencia al corte blanco lechoso, lento, correntoso, débil. Con LUV: anillo residual delgado, blanco amarillento; con LN: anillo residual no visible. Pobre saturación de hidrocarburos.

Para esta fase se tuvo una rata de penetración promedio de 35 pies/h.

1.2.3.5.4. Arenisca “U”

Este intervalo estratigráfico está comprendido por areniscas con intercalaciones de lutitas y calizas. Se lo ha dividido en dos partes de acuerdo a las características del reservorio las cuales son:

1.2.3.5.4.1. Arenisca “U” Superior

TOPE: 10235ft MD / 9381ft TVD / - 8495ft TVDSS (Cuttings)

Edad: Cenomaniano Medio.

Este miembro está formado por arenisca con intercalaciones de lutitas y calizas.

Arenisca: Cuarzosa, blanca, gris clara, translúcida, grano fino, subredondeada, friable, buena clasificación, matriz arcillosa, cemento calcáreo, pobre porosidad inferida, con inclusiones de glauconita. Manchas de hidrocarburo, en parches, café oscuro, fluorescencia natural amarillo pálido, fluorescencia al corte blanco lechoso, lento, correntoso, débil. Con LUV: anillo residual fino, amarillo verdoso, con LN: anillo residual no visible. Pobre saturación de hidrocarburos.

Lutita: Negra, gris oscura, suave a moderadamente firme, sub-laminar, sub-físil, quebradiza, astillosa, plana, cerosa, no calcárea.

Caliza: Crema moteada con gris oscura, blanca, gris oscura, suave a moderadamente dura, sub bloque. Mudstone. No presenta hidrocarburos.

Para este intervalo se tuvo una rata de penetración promedio de 85 pies/h.

1.2.3.5.4.2. Arenisca “U” Inferior

TOPE: 10264ft MD / 9408ft TVD / - 8522ft TVDSS (Cuttings)

Edad: Cenomaniano Medio

Este miembro está formado por arenisca intercalada con capas de lutita y caliza.

De 10264ft MD hasta 10293ft MD

Arenisca: Cuarzosa, café clara, gris clara, blanca, subtransparente a translúcida, grano fino a medio, subredondeada a subangular, friable, regular clasificación, matriz arcillosa, cemento no visible, pobre porosidad inferida. Manchas de hidrocarburos, en parches, café oscuro, fluorescencia natural amarillo dorado, fluorescencia al corte blanco lechoso, rápido, correntoso a nuboso, fuerte. Con LUV: anillo residual delgado, blanco amarillento; con LN: anillo residual fino café claro. Regular saturación de hidrocarburo.

Lutita: Negra, gris, firme a moderadamente firme, sub-laminar, sub-físil, quebradiza, astillosa, cerosa, no calcárea.

Caliza: Crema, crema moteada con gris claro, gris oscura, moderadamente firme a firme, sub-bloque, sub-laminar, packstone. No presenta hidrocarburos.

De 10293ft MD hasta 10385ft MD

Este intervalo estratigráfico hacia la base está compuesto por:

Lutita: Negra, gris oscura, moderadamente dura, laminar a sub-laminar, sub-físil a físil, quebradiza, astillosa, plana, cerosa, no calcárea.

Caliza: Crema, crema moteada con gris claro, gris oscura, moderadamente firme a firme, sub-bloque, sub-laminar, packstone. No presenta hidrocarburos.

1.2.3.5.5. Caliza “B”

TOPE: 10385ft MD / 9525ft TVD / - 8639ft TVDSS (Cuttings)

Edad: Albiano Superior

Este miembro está compuesto por caliza intercalada con finas capas de lutitas.

Lutita: Negra, gris oscura, gris, moderadamente firme a firme, laminar a sub-laminar, sub-físil a físil, quebradiza, astillosa, plana, cerosa, no calcárea.

Caliza: Gris clara, crema moteada con gris oscuro, gris oscura, moderadamente dura, sub-bloque, packstone. Con inclusiones de glauconita. No presenta hidrocarburos.

1.2.3.5.6. Arenisca “T”

Este nivel estratigráfico está compuesto por arenisca con intercalaciones de lutita y caliza. De acuerdo a las características del reservorio la Arenisca “T” se subdivide en dos niveles que son:

1.2.3.5.6.1. Arenisca “T” Superior

TOPE: 10404ft MD / 9543ft TVD / - 8657ft TVDSS (Cuttings)

Edad: Albiano Superior

Este miembro está compuesto por areniscas glauconíticas, intercaladas con lutitas y calizas.

Desde 10404ft MD hasta 10460ft MD

Este intervalo está constituido por arenisca con presencia de hidrocarburo, con intercalaciones de lutita y caliza.

Arenisca: Cuarzosa, gris clara, blanca, translúcida a transparente, grano fino a medio, subredondeada a subangular, friable, regular clasificación, matriz no visible, cemento calcáreo, pobre porosidad inferida, con inclusiones de glauconita. Manchas de hidrocarburo, en puntos negros, fluorescencia natural amarillo pálido, fluorescencia al corte verde amarillento, rápido, correntoso y nuboso, débil. Con LUV: anillo residual delgado, blanco amarillento; con LN: anillo residual fino café claro. Pobre saturación de hidrocarburos.

Lutita: Gris oscura, negra, moderadamente dura, sub-laminar, físil, astillosa, quebradiza, no calcárea.

Caliza: Gris clara, crema, moderadamente dura a dura, sub-bloque, mudstone. No presenta hidrocarburos.

Desde 10460ft MD hasta 10480ft MD

Este intervalo está constituido por arenisca sin presencia de hidrocarburos, con intercalaciones de lutita.

Arenisca: Cuarzosa, blanca, translúcida a transparente, grano fino a medio, subredondeada a subangular, friable, regular clasificación,

matriz no visible, cemento calcáreo, pobre porosidad inferida, con inclusiones de glauconita. No presenta hidrocarburo.

Lutita: Gris oscura, negra, gris, moderadamente dura, sub-laminar, físil, astillosa, quebradiza, no calcárea.

1.2.3.5.6.2. Arenisca “T” Inferior

TOPE: 10485ft MD / 9622ft TVD / - 8736ft TVDSS (Cuttings)

Edad: Albiano Superior

Este miembro está compuesto por areniscas caoliníticas intercaladas con lutitas.

Desde 10485ft MD hasta 10568ft MD

Arenisca: Cuarzosa, café clara, blanca amarillenta, translúcida a subtransparente, grano fino a medio, subredondeada a subangular, friable, regular clasificación, matriz caolinítica, cemento no visible, regular porosidad inferida. Manchas de hidrocarburo, en parches, café claro, fluorescencia natural amarillo dorado, fluorescencia al corte blanco amarillento, rápido, correntoso, fuerte. Con LUV: anillo residual grueso, amarillo verdoso; con LN: anillo residual delgado, café verdoso. Regular saturación de hidrocarburos.

Lutita: Gris oscura, negra, gris clara, moderadamente dura a dura, sub-laminar a laminar, físil, astillosa, quebradiza, no calcárea.

Desde 10560ft MD hasta 10652ft MD

Este intervalo se caracteriza por presentar caliza en la parte superior y lutita en la parte inferior.

Lutita: Gris oscura, negra, gris clara, suave a moderadamente firme, sub-laminar a laminar, físil, astillosa, quebradiza, plana, no calcárea.

Caliza: Blanca, gris clara, gris clara moteada con crema, moderadamente dura, sub-bloque a bloque, mudstone a wackstone. No presenta hidrocarburos.

1.2.3.5.7. Caliza “C”

TOPE: 10652ft MD / 9785ft TVD / - 8899ft TVDSS (Cuttings)

Edad: Albiano Superior

Este nivel estratigráfico está formado por calizas y lutitas.

Lutita: Gris oscura, negra, moderadamente firme a firme, laminar, físil, astillosa, quebradiza, plana, terrosa, no calcárea.

Caliza: Crema, gris clara, crema moteada con gris clara, suave a moderadamente dura, sub-bloque a bloque, mudstone. No presenta hidrocarburos.

Para esta sección se tuvo una rata de penetración promedio de 32 pies/h.

1.2.3.6. Formación Hollín

TOPE: 10662ft MD / 9794ft TVD / - 8908ft TVDSS (Cuttings)

Edad: Aptiano Inferior – Albiano inferior

La formación Hollín está compuesta principalmente por areniscas intercaladas con pequeños niveles de lutitas. Este elemento de la formación constituye el objetivo primario para la perforación de este pozo.

1.2.3.6.1. Arenisca Hollín Superior

TOPE: 10662ft MD / 9794ft TVD / - 8908ft TVDSS (Cuttings)

Edad: Albiano inferior

Este miembro está formado por areniscas intercaladas de lutitas.

Arenisca: Cuarzosa, café clara, gris clara, café oscura, translúcida, grano fino a medio, subredondeada a subangular, moderadamente consolidada, regular clasificación, matriz arcillosa, cemento calcáreo. Asociada con glauconita, regular porosidad inferida. Manchas de hidrocarburo, en puntos y parches, café claro, fluorescencia natural amarillo dorado, fluorescencia al corte blanco verdoso, rápido, nuboso, fuerte. Con LUV: anillo residual moderadamente grueso, blanco amarillento; con LN: anillo residual fino, café claro. Regular saturación de hidrocarburos.

Lutita: Gris oscura, negra, moderadamente firme, físil, laminar, astillosa y quebradiza, terrosa, no calcárea.

Para este intervalo se tuvo una rata de penetración promedio de 80 pies/h

1.2.3.6.2. Arenisca Hollín Inferior

TOPE: 10706ft MD / 9838ft TVD / - 8952ft TVDSS (Cuttings)

Edad: Aptiano Inferior – Albiano inferior

Este nivel estratigráfico está comprendido por un cuerpo principal de arenisca caolinítica intercalada con delgadas capas de lutita y caolín.

Desde 10706ft MD hasta 10735ft MD

Arenisca: Cuarzosa, gris clara, café clara, translúcida, grano medio a fino, subangular a subredondeada, friable, regular clasificación, matriz caolinítica, cemento no visible, regular porosidad inferida. Manchas de hidrocarburo, en puntos, café claro, fluorescencia natural amarillo pálido, fluorescencia al corte blanco verdoso, moderadamente rápido, nuboso, fuerte. Con LUV: anillo residual moderadamente grueso, amarillo verdoso; con LN: anillo residual fino, café claro. Regular saturación de hidrocarburos.

Lutita: Gris oscura, negra, moderadamente firme, sub-físil, sub-laminar a laminar, astillosa, quebradiza, terrosa, no calcárea.

Caolín: Café oscuro, crema, suave, irregular a sub-bloque.

Desde 10735ft MD hasta 10770ft MD

Arenisca: Cuarzosa, gris clara, café clara, translúcida, grano medio a fino, subangular a subredondeada, friable, regular clasificación, matriz caolinítica, cemento no visible, regular porosidad inferida. Manchas de hidrocarburo, en puntos, café claro, fluorescencia natural amarillo pálido, fluorescencia al corte blanco verdoso, lento, nuboso, débil. Con LUV: anillo residual fino, amarillo verdoso; con LN: anillo residual fino, café claro. Pobre saturación de hidrocarburo.

Lutita: Negra, gris oscura, moderadamente firme, sub-físil, sub-laminar, astillosa, quebradiza, terrosa, no calcárea.

Desde 10770ft MD hasta 10900ft MD

Arenisca: Cuarzosa, blanca lechosa, translúcida, grano medio, subangular a subredondeada, suelta, regular clasificación, matriz no

visible, cemento no visible, regular porosidad inferida. No presenta hidrocarburo.

Lutita: Negra, gris oscura, moderadamente firme, sub-físil, sub-laminar, astillosa, quebradiza, terrosa, no calcárea. Para esta sección se tuvo una rata de penetración promedio de 60 pies/h.

1.2.4. Tipos de Litologías

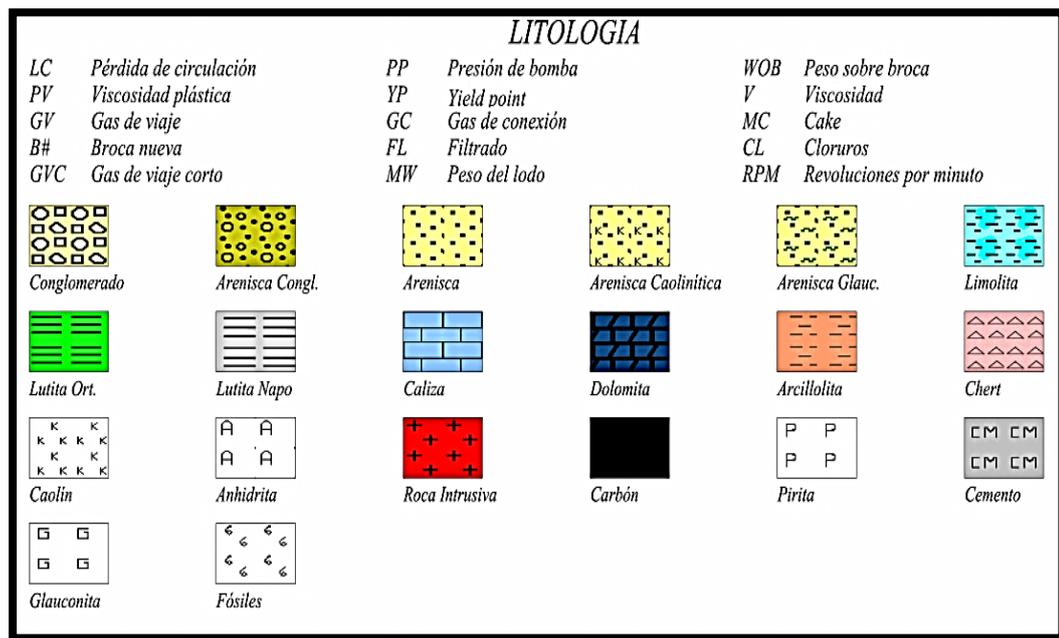


Fig. 7. Tipos de litologías descritas tomando como referencia un pozo en el Centro Oriente Ecuatoriano.

Fuente: ARCH – Quito

1.2.5. Topes Formacionales

	PROGRAMA			CORTES			* REGISTROS ELECTRICOS & GYRO		
	MD pies	TVD Pies	TVDS pies	MD pies	TVD pies	TVDS pies	MD pies	TVD pies	TVDS Pies
ORTEGUAZA	5.873	5.435	-4.549	5.862	5.427	-4.541			
TIYUYACU	6.784	6.253	-5.367	6.782	6.250	-5.364			
TIYUYACU CONGLOMERADO	8.041	7.382	-6.496	8.120	7.448	-6.562			
TENA	8.559	7.847	-6.961	8.565	7.843	-6.957			
BASAL TENA	9.507	8.698	-7.812	9.502	8.701	-7.815			
NAPO	Napo	9.522	8.712	-7.826	9.507	8.705	-7.819		
	Zona Caliza "M-1"	9.771	8.938	-8.052	9.754	8.932	-8.046		
	Caliza "M-2"	9.979	9.131	-8.245	9.959	9.124	-8.238		
	Base Caliza "M-2"	10.019	9.169	-8.283	10.009	9.170	-8.284		
	Caliza "A"	10.122	9.266	-8.380	10.108	9.262	-8.376		
	Base Caliza "A"	10.222	9.361	-8.475	10.213	9.361	-8.475		
	Arenisca "U" Superior	10.234	9.373	-8.487	10.235	9.381	-8.495		
	Arenisca "U" Inferior	10.275	9.412	-8.506	10.264	9.408	-8.522		
	Base Arenisca "U" Inferior*	10.308	9.444	-8.526	10.293	9.436	-8.550		
	Caliza "B"	10.397	9.530	-8.644	10.385	9.525	-8.639		
	Arenisca "T" Superior	10.416	9.548	-8.662	10.404	9.543	-8.657		
	Arenisca "T" Inferior	10.488	9.618	-8.732	10.485	9.622	-8.736		
	Base Arenisca "T" Inferior	10.567	9.695	-8.809	10.568	9.702	-8.816		
	Caliza "C"	10.665	9.790	-8.904	10.652	9.785	-8.899		
HOLLIN *	10.671	9.796	-8.910	10.662	9.794	-8.908			
Hollin Principal	10.711	9.835	-8.949	10.706	9.838	-8.952			
PROFUNDIDAD TOTAL	10.900	10.020	-9.134	10.900	10.029	-9.143			

Fig. 8. Información de los Topes de las Formaciones tomando como referencia un pozo en el Centro Oriente Ecuatoriano.

Fuente: ARCH – Quito

1.2.6. Columna Estratigráfica de las Litologías Descritas

EDAD	LITOLOGÍA	FORMACIÓN	MIEMBRO	TOPE Cortes MD (pies)	TOPE Registros MD (pies)
Cuaternario		INDIFERENCIADO			
Oligoceno		ORTEGUAZA		5.862	
Eoceno		TIYUYACU		6.782	
			Basal Conglomerado	8.120	
Paleoceno		TENA	Tena	8.565	
			Basal Tena	9.502	
Cretaceo Superior		Formación Napo	Napo	9.507	
			Zona Caliza "M-1"	9.754	
			Caliza "M-2"	9.959	
			Base Caliza "M-2"	10.009	
			Caliza "A"	10.108	
			Base Caliza "A"	10.213	
			Arenisca "U" Superior	10.235	
			Arenisca "U" Inferior	10.264	
			Base Arenisca "U" Inferior	10.293	
			Caliza "B"	10.385	
			Arenisca "T" Superior	10.404	
			Arenisca "T" Principal	10.485	
			Base Arenisca "T" Principal	10.568	
			Caliza "C"	10.652	
Cretaceo Inferior		Formación Hollín	Hollín Superior	10.662	
			Hollín Inferior	10.706	

Fig. 9. Columna Estratigráfica de las Litologías Descritas tomando como referencia un pozo en el Centro Oriente Ecuatoriano.

Fuente: ARCH – Quito

1.2.7. Aporte Característico

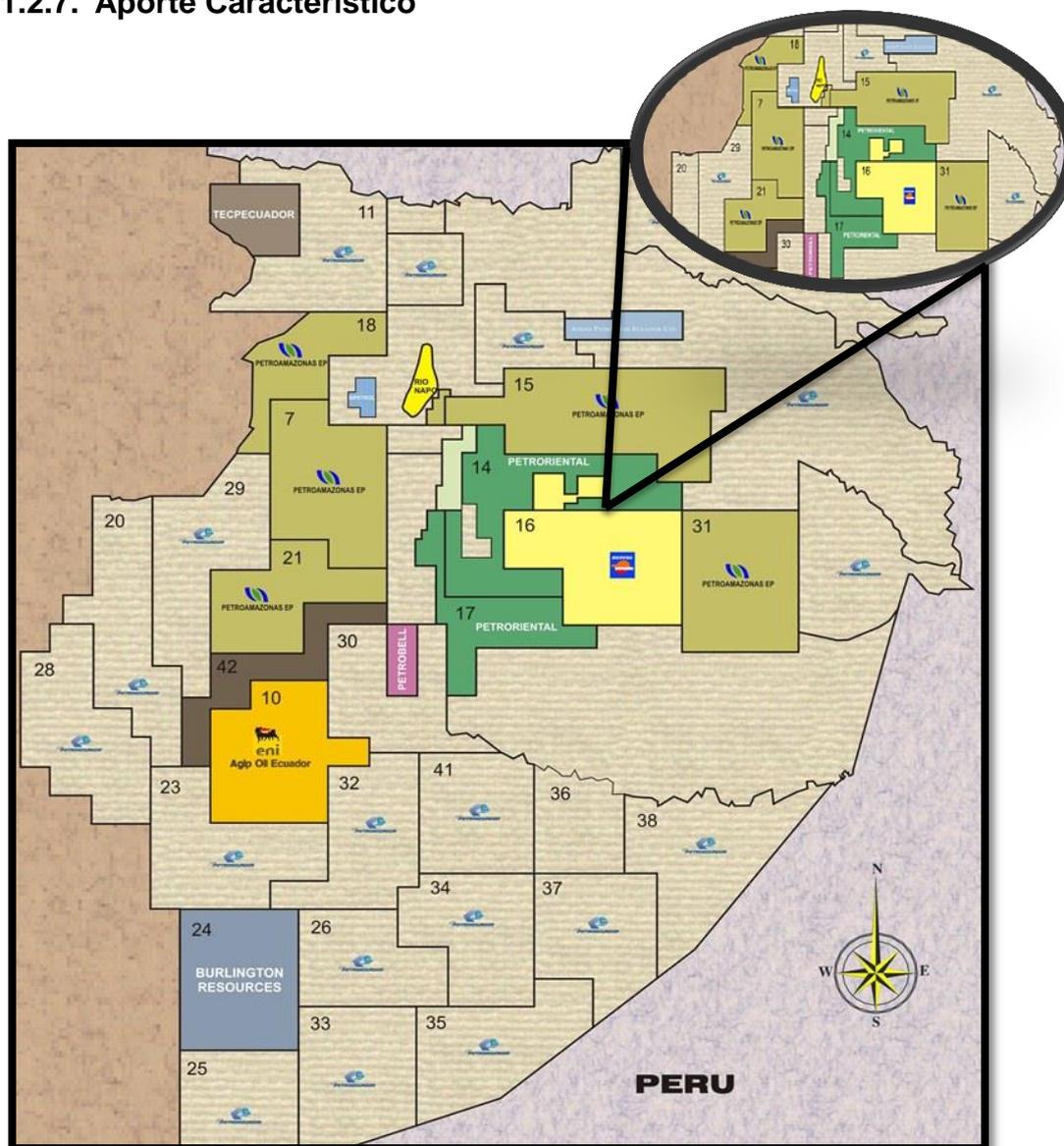


Fig. 10. Gráfico de los Bloques Petroleros en el Centro Oriente Ecuatoriano.

Fuente: <http://www.redsosamazonas.wordpress.com> (2013)

La producción de crudo se mantuvo por sobre los 60.000 BPD hasta el año 1994, luego de lo cual ha venido declinando hasta la actualidad, en su producción diaria aproximadamente es de 40.000 barriles. Actualmente, Río Napo compañía de economía mixta está a cargo de las operaciones del campo, se la ha catalogado como en desarrollo y con una producción de aproximadamente 50.000 BPD.

1.3. FUNDAMENTO DE PERFORACIÓN TÉCNICA DE LAS BROCAS

Los métodos que se utilizaban en la industria petrolera, a inicios de la perforación, era la técnica que se aplicaba en la explotación de sal, con un taladro de percusión, que dejaba caer de manera reiterada una herramienta pesada, soportada por un cable y utilizaba como fuente de energía una máquina de vapor. La primera patente significativa de brocas de perforación fue otorgada a G.F Case en Febrero de 1867, su diseño presentó una broca con cuerpo de acero y diamantes naturales colocados en las aletas.

Con respecto a la broca rotativa para formaciones duras, registrada en el año 1909, Howard Hughes marcó el nacimiento de la industria moderna de estas herramientas de perforación introduciendo el primer diseño de brocas con conos rodantes y, por cerca de 15 años, se convirtió en el estándar para formaciones blandas por sus bajos precios y altas tasas de penetración (ROP) – “Rate Of Penetration”. En esa época, las brocas eran diseñadas con dos conos de dientes fresados, inter-bloqueados, y la perforación de unos pocos metros se consideraba una buena corrida. Recién en la década de 1950, los ingenieros diseñaron las brocas tricónicas que se asemejan más a las utilizadas actualmente.

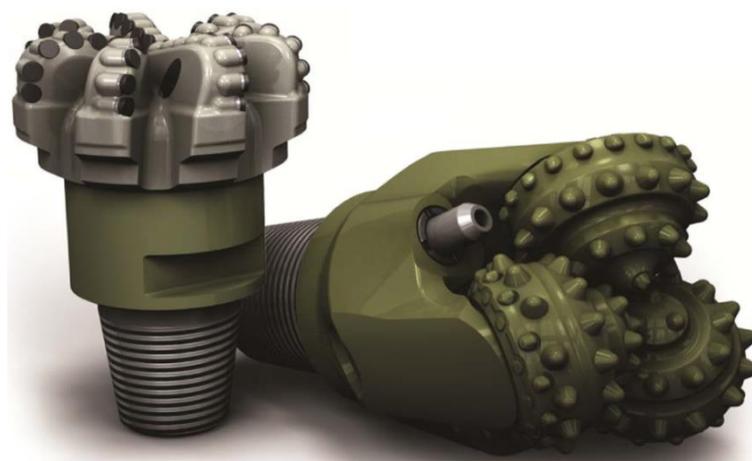


Fig. 11. Brocas de Perforación

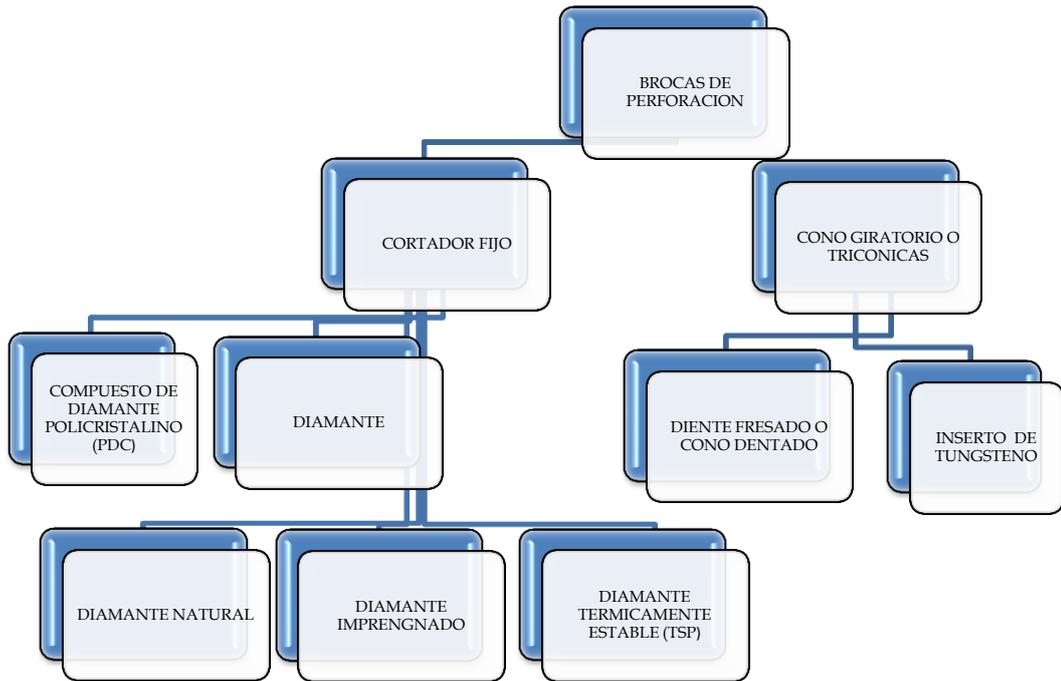
Fuente: ARCH – Quito

En la actualidad las demandas que se imponen sobre las brocas de perforación son más exigentes, mientras las brocas de cortadores fijos y las de conos giratorios fueron diseñadas, originalmente, para ser corridas hasta su destrucción, ahora se espera no sólo que excedan las expectativas, en materia de rendimiento de perforación, sino que además terminen la corrida, intactas.

La broca de perforación moderna debe tener la capacidad para perforar rápidamente, proveer buena orientabilidad para el control direccional, y durar un tiempo prolongado en el fondo del pozo aun en los ambientes más extremos. Si bien los costos de las brocas representan habitualmente menos del 1% del costo total de la construcción de un pozo, la broca correcta puede mejorar inmensamente el rendimiento de perforación y, en consecuencia, generar un ahorro de varios millones de dólares para el operador.

De hecho, la introducción de las brocas de un compuesto poli cristalino de diamante (PDC), a comienzos de la década de 1970, junto con las mejoras permanentes de los componentes de las brocas de conos giratorios, desempeñó un rol muy importante en la reducción de los costos totales de explotación de los pozos. Además, estos mejoramientos proporcionan a los ingenieros actualmente la capacidad para planificar pozos con trayectorias complejas, que son considerados críticos para la rentabilidad de las compañías petroleras en yacimientos cada vez más complejos.

A primera vista, puede ser difícil percibir las diferencias existentes entre una broca de perforación de alta calidad y otra que perforaría con la mitad de la velocidad de penetración o que carecería de la orientabilidad.



CORTADORES FIJOS		CONOS GIRATORIOS O TRICONICAS
		
DIAMANTE IMPREGNADO	DIAMANTE TERMICAMENTE ESTABLE	INSERTO DE CARBURO DE TUNGSTENO
		
COMPUESTO DE DIAMANTE POLICRISTALINO	DIAMANTE NATURAL	DIENTE DE FRESADO O CONO DENTADO

Tabla Nº 1. Clasificación General de las Brocas de Perforación
 Fuente: Schlumberger Oilfield Review, Diseño de Barrenas de Perforación,
 (Diciembre del 2011), volumen. 23.

Elaborado por: Gabriel Rodríguez y Tito Burgos

1.3.1. Brocas Conos Giratorios o Tricónicas

Las brocas de tres conos o brocas de conos, fueron introducidas por primera vez en los años 30 por Hughes Tool Company. Las brocas de conos incluyen cortadores de acero montadas en el cuerpo de la broca, de tal manera que son libres de rotar.

La mayoría de estas clases de brocas tienen tres conos, a pesar de que existen diseños que utilizan dos y cuatro conos. Recientemente se han vuelto a utilizar brocas de un cono para la perforación de hoyos estrechos.

Son fabricados, ya sea forjados con máquina desde la estructura de acero de los conos (Broca de Conos de dientes fresados), o existen también prefabricados de carburo de tungsteno más duro y ensambladas en bolsillos forjados dentro de los conos (Brocas de Insertos de carburo de tungsteno).

1.3.2. Brocas de Conos Dentados o Dientes Fresados

Los elementos cortantes de una broca de conos dentados o dientes fresados, son filas circunferenciales de dientes, que se extienden de cada cono y se entrelazan entre las filas de dientes de los conos adyacentes.

1.3.3. Brocas de Inserto de Carburo de Tungsteno

Las brocas de inserto de carburo de tungsteno, fueron originalmente diseñados para perforar formaciones extremadamente duras y abrasivas, tales como chert (roca cuarzosa) y cuarcita, que no podían perforarse con las de conos dentados diseñadas para formaciones más blandas. Sin embargo, y debido a su durabilidad superior, ahora también existen diseños de brocas de insertos, adecuados para perforar formaciones blandas, en forma económica.

1.3.4. Brocas de Cortadores Fijos

Las brocas de cortadores fijos tienen un diseño muy elemental, a diferencia de las brocas tricónicas, carecen de partes móviles, aunque esta característica sería deseable. El material usado para su construcción, además de los diamantes, puede variar según el tipo de brocas y de las características de los fabricantes.

Normalmente el cuerpo fijo de la broca puede ser de acero o de carburo de tungsteno (matriz), o una combinación de ambos, estas brocas de cortadores fijos son fabricados con diamantes naturales o sintéticos, según el tipo y características de las mismas. La dureza extrema y la alta conductividad térmica del diamante lo hace un material con alta resistencia para perforar en formaciones duras o semiduras y, en algunos tipos de brocas, hasta formaciones suaves.

1.3.5. Brocas de PDC o Diamante Policristalino

Las brocas de PDC o diamante policristalino cortan la formación en una acción deslizante. Al contrario de los relativamente pequeños diamantes usados en brocas de diamantes naturales y en brocas TSP o diamante térmicamente estable, las brocas de PDC o diamante policristalino pueden ser inserto al cuerpo con grandes y filosos elementos cortantes.

Los elementos cortantes PDC están unidos a un sustrato o poste de carburo de tungsteno (provee mayor resistencia de impacto), que se encuentra fijo en el cuerpo de la broca. El cuerpo puede ser de acero o tipo matriz. Hoy en día las brocas de PDC representan una gran mayoría dentro de las brocas de cortadores fijos.

Las brocas PDC son altamente adecuadas para formaciones blandas hasta medias-duras, generalmente no abrasivas, de composición

homogénea. Mejoras en la tecnología y en el diseño han extendido el rango de formaciones que pueden ser perforadas con brocas PDC. Conglomerados, rocas cuarzosas y rocas volcánicas, son usualmente consideradas no perforables con PDC. En contraste, las brocas TSP o diamante térmicamente estable y de diamantes naturales, se desempeñan en formaciones de media a dura, tales como, calizas, dolomitas, anhidritas y arenas suavemente abrasivas, areniscas duras intercaladas y lutitas o arcillas cenagosas quebradizas.

1.3.6. Brocas de Diamante Natural

Las brocas de diamante natural, igual que las de otros tipos de diamantes, tienen un cuerpo fijo cuyo material puede ser de matriz o de acero.

El uso de esta broca es limitado en la actualidad, salvo en casos especiales para perforar formaciones muy duras y cortar núcleos de formación con coronas de diamante natural, otro uso es la aplicación de las brocas desviadoras (side track), para desviar pozos en formaciones muy duras y abrasivas. El mecanismo de este tipo de brocas es por fricción y arrastre lo cual genera altas temperaturas.

1.3.7. Brocas Impregnadas de Diamantes

Las brocas impregnadas de diamantes (comúnmente llamadas brocas impregnadas), contienen polvo de diamantes naturales afilados, mezclados (en varias concentraciones), con matriz de carburo de tungsteno.

Los diamantes utilizados en estas barrenas son, por lo general, mucho más pequeños que aquellos utilizados en barrenas convencionales. Grandes diamantes naturales son colocados en el área del calibre para mantener el diámetro del agujero durante la corrida de la broca.

Las brocas impregnadas de diamantes, perforan de manera similar que las brocas de cortadores de diamantes naturales; pero cuando los diamantes se desgastan y son desgarrados fuera de la matriz, los nuevos quedan continuamente expuestos. Esto les da la habilidad para perforar las formaciones más duras y abrasivas a altas RPM, lo cual las hace particularmente útiles cuando se utilizan turbinas.

1.3.8. Brocas TSP o Diamante Térmicamente Estable

Las brocas TSP o diamante térmicamente estable y de diamantes naturales, son efectivas en formaciones más duras (medias a duras), y más abrasivas que las brocas PDC o de diamante policristalino, pero no son tan efectivas en formaciones más blandas. Debido a su mecanismo cortante, la fuerza cortante (desgarrado), actúa opuestamente a la acción de aplastamiento y excavación producida por barrenas de conos, las brocas PDC requieren considerablemente menos WOB o peso sobre la broca.

Las brocas de cortadores fijos son conocidas por un mejor desempeño en lodos con base aceite que en lodos con base agua, en donde las brocas de conos, se afectan menos. Cuando los parámetros de perforación son optimizados para una formación dada; se puede esperar una considerable mejora en el ROP o tasa de penetración cuando se compara con brocas de conos convencionales.

Sin embargo, estas brocas son mucho más caras que los diseños convencionales de barrenas de conos. Por estas razones se debe llevar a cabo una evaluación económica general. Las brocas de cortadores fijos también son una buena opción para las siguientes aplicaciones

1.3.9. Clasificación IADC de Brocas Tricónicas

La Asociación Internacional de Contratistas de Perforación (IADC) ha desarrollado un sistema estandarizado para clasificar las brocas tricónicas. Se clasifican de acuerdo con el tipo de dientes de acero o de insertos, la clase de formación para la cual fueron diseñadas en términos de serie, tipo, características mecánicas, y en función del fabricante. El sistema de clasificación permite hacer comparaciones entre los tipos de broca que ofrece el mercado.

Sistema de Corte.- 1er dígito

El primer dígito identifica la clase de estructura de corte y reconoce también el diseño de la estructura de corte con respecto al tipo de formación, como se relaciona a continuación:

1. Dientes fresados para formación blanda.
2. Dientes fresados para formación media.
3. Dientes fresados para formación dura.
4. Dientes de insertos de tungsteno para formación muy blanda.
5. Dientes de insertos de tungsteno para formación blanda.
6. Dientes de insertos de tungsteno para formación media.
7. Dientes de insertos de tungsteno para formación dura.
8. Dientes de insertos de tungsteno para formación extra dura.

Dureza.- 2do Dígito

El segundo dígito identifica el grado de dureza de la formación en la cual se usará la barrena. Varía de suave a dura, como se relaciona a continuación:

1. Para formación suave.
2. Para formación media suave
3. Para formación media dura.
4. Para formación dura.

Sistema de Rodamiento.- 3er Dígito

El tercer dígito identifica el sistema de rodamiento y lubricación de la barrena en ocho clasificaciones:

1. Con toberas para lodos y balero estándar.
2. De toberas para aire y lodo con dientes diseño en T y balero estándar.
3. Balero estándar con protección en el calibre.
4. Balero sellado auto lubricable.
5. Balero sellado y protección al calibre.
6. Chumacera sellada.
7. Chumacera sellada y protección al calibre.
8. Para perforación direccional.
9. Otros.

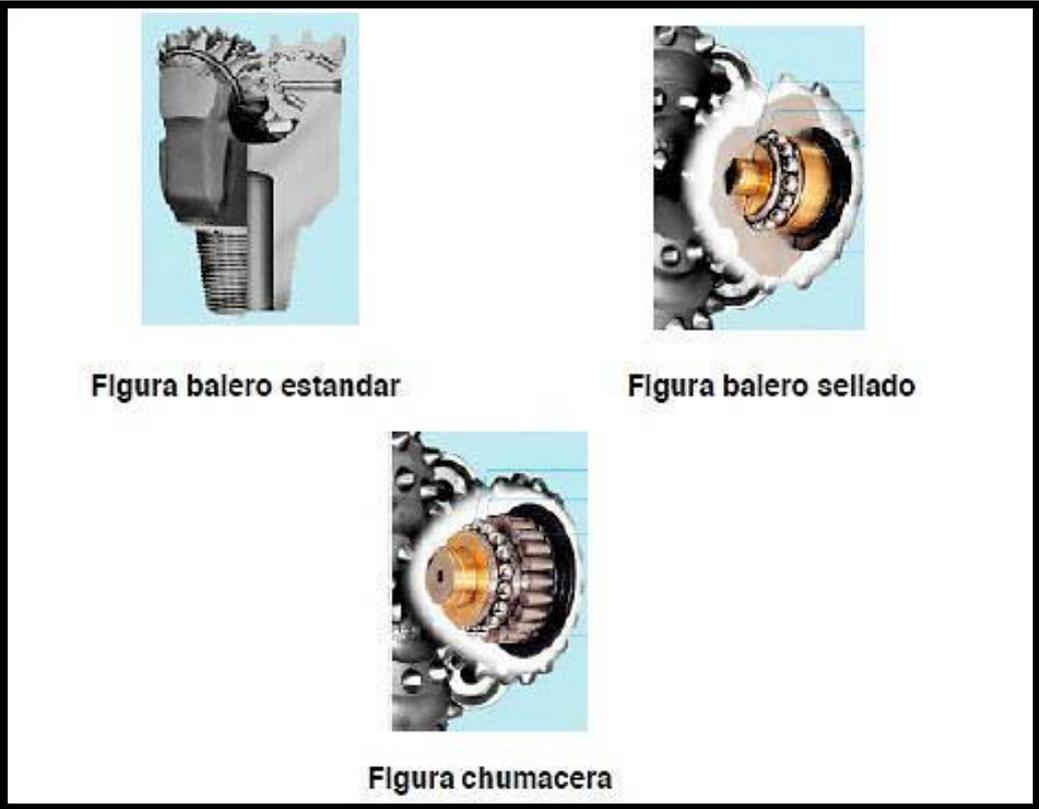


Fig. 12. Por su Sistema de Rodamiento, pueden ser de balero estándar, de balero sellado y de chumaceras

Fuente: Manual Hidráulica y Mechas de J. Molero. 2002.

Se muestra en forma esquemática y generalizada, el código IADC descrito anteriormente para la selección y clasificaciones de barrenas tricónicas.

	1er Dígito		2do Dígito		3er Dígito										
	Sistema de Corte		Dureza		Sistema de rodamiento										
					1	2	3	4	5	6	7	8	9		
Dientes de Acero	1	Dientes de acero para formación blanda	1	Suave	T	T	P	B	B	C	C	P	O		
			2	Media Suave	O	O	R	A	A	H	H	A	T	R	
			3	Media Dura	B	B	O	L	L	U	U	M	M	A	R
			4	Dura	E	E	T	E	L	E	M	A	C	P	O
	2	Dientes de acero para formación media	1	Suave	R	R	E	R	O	A	C	C	E	R	
			2	Media Suave	A	A	C	O	O	C	E	R	E	R	
			3	Media Dura	S	S	C			I	S	S	E	R	
			4	Dura	P	A	Ó	S	S	E	R	A	A	F	
	3	Dientes de acero para formación dura	1	Suave	A	R	E	A	L	L	S	S	E	R	
			2	Media Suave	A	R	E	A	L	L	S	S	E	R	
			3	Media Dura	L	O	D	O	O	C	A	Y	A	D	
			4	Dura	O	D	O	L	L	A	D	O	L	L	
Dientes de Insertos	4	Dientes de inserto para formación muy blanda	1	Suave	O	O	L	A	U	T	P		D		
			2	Media Suave	Y	Y	B	R	O	R		Y	I	E	
			3	Media Dura	B	B	E	B	R	E		P	R	E	
			4	Dura	A	A	L	L	E	B	R	E	C	C	
	5	Dientes de inserto para formación blanda	1	Suave	L	L	E	R	O	B	A	L	E	N	
			2	Media Suave	E	R	O	S							
			3	Media Dura	R	O	S								
			4	Dura	O	S									
	6	Dientes de inserto para formación media	1	Suave	E	S	T	A	N	D	A	R			
7	Dientes de inserto para formación dura	1	Suave	A	R										
		2	Media Suave												
		3	Media dura												
		4	Dura												
8	Dientes de inserto para formación extra dura	1	Suave												
		2	Media Suave												
		3	Media dura												
		4	Dura												

Fig. 13. Código IADC de tres dígitos para Clasificación de Brocas Tricónicas

Fuente: Manual IADC

1.3.10. Clasificación IADC de Brocas PDC

La IADC desarrolló un sistema de codificación de brocas de cortadores fijos, que incluye a todos los tipos: diamante natural, compuestos de policristalino (PDC), de diamante térmicamente estable. Este código consiste en cuatro caracteres (una letra y tres números), que describen siete características básicas:

1er carácter

- ◆ Tipo de cortadores
- ◆ Material del cuerpo de la broca

2do carácter

- ◆ Perfil del cuerpo de la broca

3er carácter

- ◆ Diseño hidráulico para el fluido de perforación
- ◆ Distribución de cortadores

4to carácter

- ◆ Tamaño de los cortadores
- ◆ Densidad de los cortadores

En función de la identificación con el código IADC, existen por lo menos cinco aspectos fundamentales en el diseño de las brocas de cortadores fijos:

- ◆ La forma de los cortadores.
- ◆ Ángulos de inclinación lateral.
- ◆ Ángulos de retardo.
- ◆ Tipo de protección del calibre.
- ◆ Longitud del calibre.

Si bien todos ellos son factores importantes en el desarrollo de las brocas de cortadores fijos, lo que se pretende con este código IADC es dar idea del tipo de broca y lograr que se identifiquen fácilmente sus principales características, que están detalladas en la tabla 2.

Se muestra la identificación de las brocas de cortadores fijos mediante el código IADC, cabe notar que a diferencia del código IADC para las brocas tricónicas, el código IADC para las brocas de cortadores fijos no los relaciona con la formación por perforar únicamente sus características más esenciales.

1er CARACTER			2do CARACTER			3er CARACTER			4to CARACTER					
	TIPO DE CORTADOR	MATERIAL DEL CUERPO	PERFIL DEL CUERPO			DISEÑO HIDRÁULICO			TAMAÑO Y DENSIDAD DE CORTADORES					
			ALTURA DEL FLANCO	ALTURA DEL CONO		DISTRIBUCION DE CORTADORES	TIPO DE ORIFICIO		TAMAÑO	DENSIDAD				
				Alta	Media		Baja	Toberas		Orificio fijo	Salida abierta	Alta	Media	Baja
D	DIAMANTE NATURAL	MATRIZ	Alto	1	2	3	En Aletas	1	2	3	Grande	1	2	3
M	PDC	MATRIZ	Media	4	5	6	En Costillas	4	5	6	Mediano	4	5	6
S	PDC	ACERO	Bajo	7	8	9	No agrupados	7	8	9	Pequeño	7	8	9
T	TSP	MATRIZ	O = de doble centro o asimétrico			R = Flujo radial X = Flujo cruzado O = Otro			O = Impregnado					

Fig. 14. Código IADC cuatro dígitos Clasificación de Brocas con Cortadores Fijos

Fuente: Manual IADC

1.3.11. Ejemplos de la Clasificación de Brocas a través de los Códigos IADC

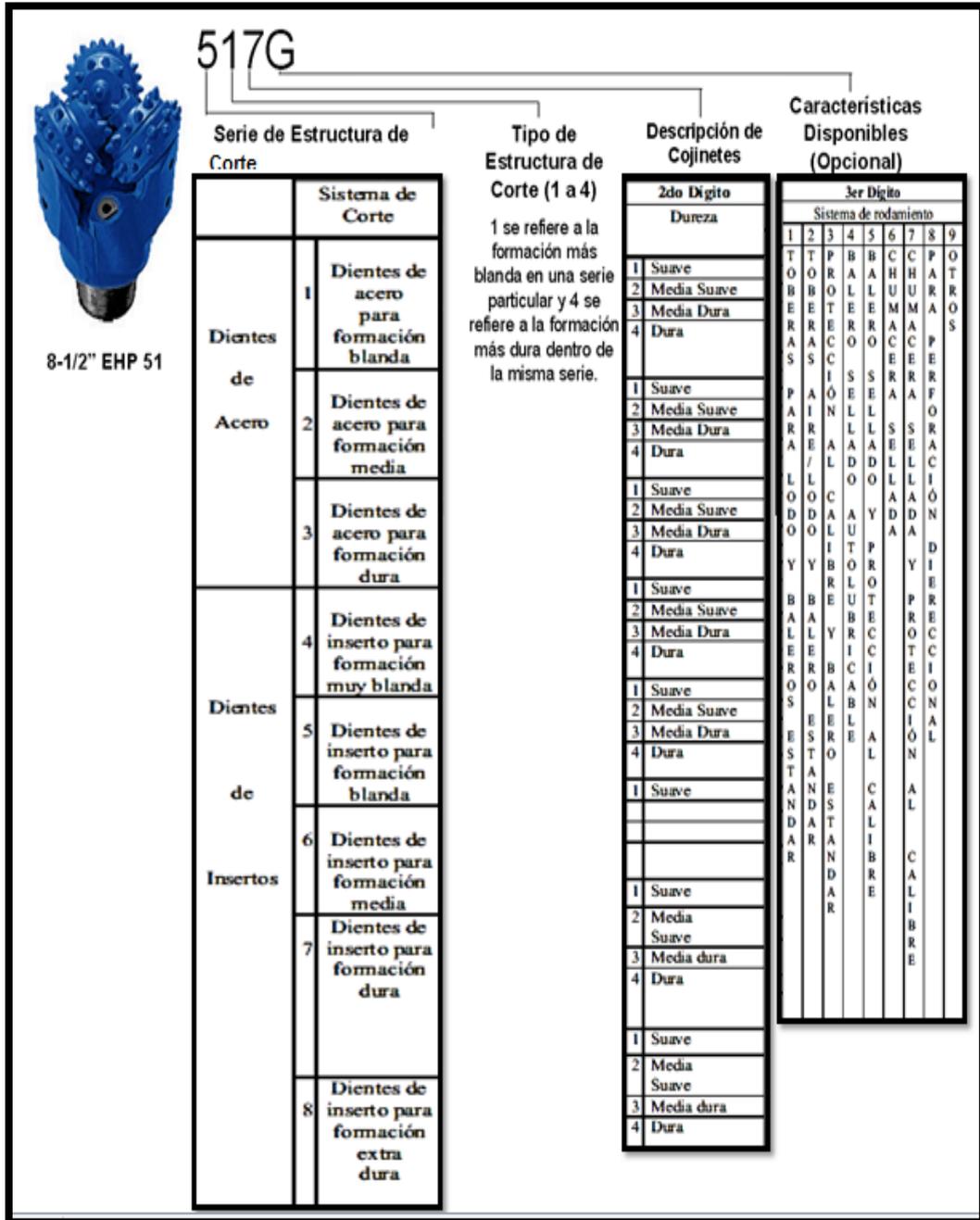


Fig. 15. Clasificación de Brocas Tricónica a través de los Códigos IADC

Fuente: Schlumberger – selección brocas de perforación

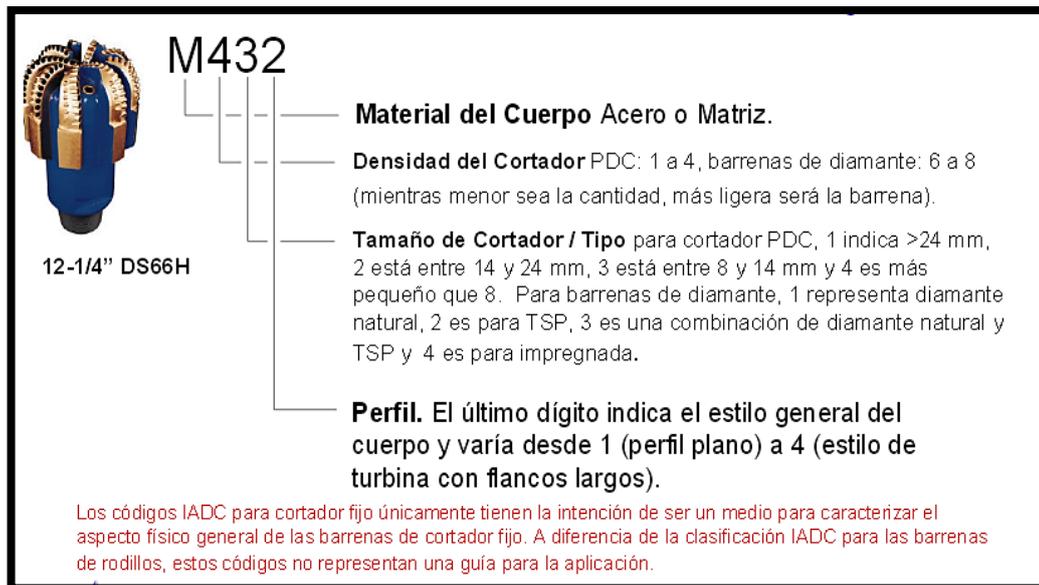


Fig. 16. Clasificación de Brocas con Cortadores Fijos a través de los Códigos IADC
Fuente: Schlumberger – Selección Brocas de Perforación

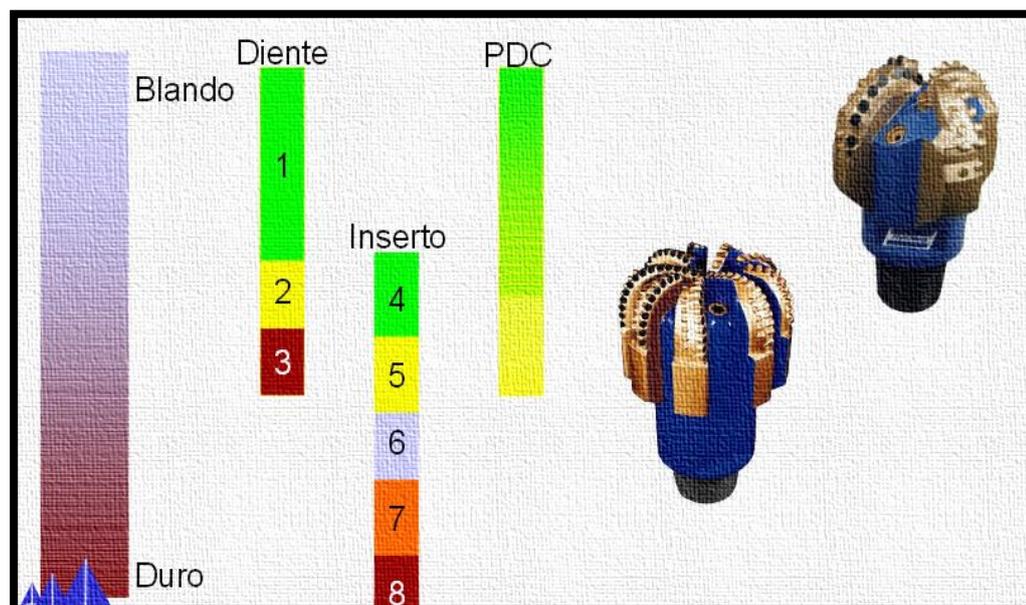
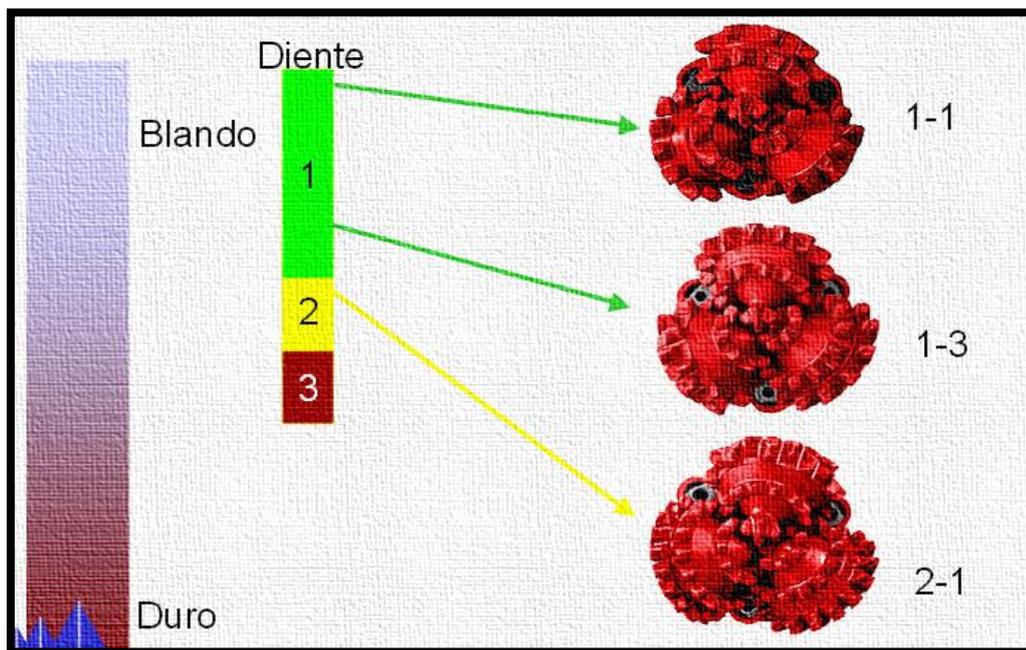
1.3.12. Calificación de las brocas según el sistema TBG (Teeth Bearing Gauge)

La calificación de las brocas puede ser muy sencilla al definir la condición de los dientes, de los rodamientos y del calibre. Este sistema se conoce como el sistema TBG (Teeth Bearing Gauge), siendo los dientes y los rodamientos calificados en una escala de 1 a 8 y el calibre en octavos de pulgada bajo el diámetro inicial.

(T)(Teeth) Dientes	1 – Como nuevos 8 – Completamente gastados
(B)(Bearing)Rodamientos	1 – Como nuevos 8 – Falla total
(G)(Gauge)Calibre	IG (In Gauge) En calibre o la medida en octavos de pulgadas de diámetro inicial menos el hallado al sacar la broca.

Este sistema de calificación es muy básico, da una visión muy general de la condición de la broca, por ejemplo las hileras interiores de dientes pueden tener un desgaste diferente de las hileras exteriores, pero en este sistema sólo hay lugar para una descripción.

1.3.13. Códigos IADC por la Serie de Estructura de Corte de las Brocas



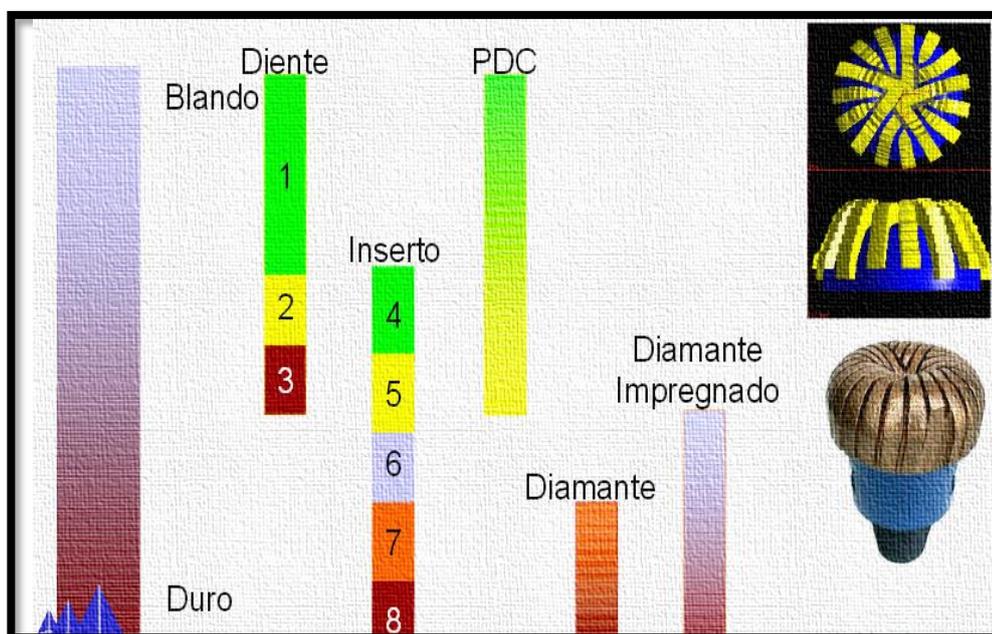
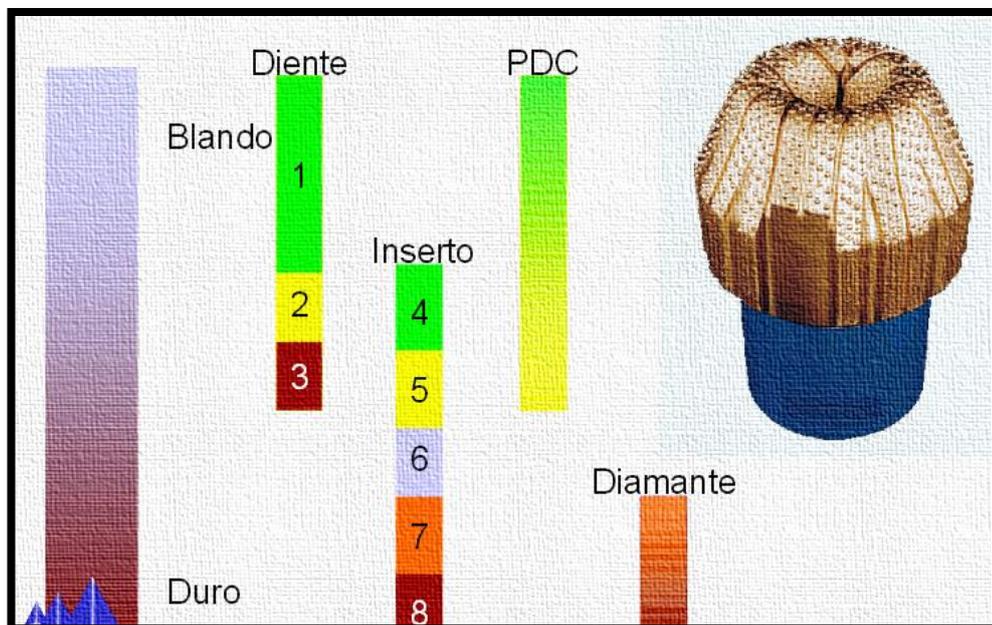


Fig. 17. Códigos IADC - Series de Estructura de Corte
Fuente: Schlumberger – Selección Brocas de Perforación

La International Association of Drilling Contractors (Asociación Internacional de Contratistas de Perforación), ha desarrollado una metodología estándar para describir las brocas usadas. La tabla de clasificación de la IADC para brocas desgastadas permite registrar ocho factores o criterios de evaluación del desgaste. La tabla aplica tanto para brocas de conos como para brocas de cortadores fijos, a pesar de que existen diferentes códigos de desgaste para cada una. La metodología está compuesta de un código de 8 caracteres que describe el desgaste de la broca y la razón por la que se sacó la broca. La estructura de corte se califica de 0 a 8 dependiendo del porcentaje de la estructura de corte que se perdió (0 = Intacta, 8 = 100% de desgaste).

Estructura de Corte				Condición rodamiento	Calibre	Observaciones	
Hileras int.	Hileras Ext.	Principales Características. de Desgaste	Ubicación del desgaste principal			Otras caract. desgaste	Razón /motivo
		Dientes , conos	Nariz, como Cortadores fijos				
0 – 8 escala lineal	BC – cono roto BT – dientes rotos CC – cono agrietado CR – núcleo gastado CT – dientes tajados ER – erosión JD – daño chatarra LC – cono perdido LT – dientes perdidos PB – broca perforada PN – boquilla tapada RG – calibre excavado RO – anillo suelto SD – daño falda WO – lavado WT – dientes gastados	Rodamiento: N – nariz M – fila media H – fila talón A – todas filas Cono 1, 2, 3 Cortadores fijos: C – cono N – nariz T – surco medio S – hombro G – externo A – todas áreas	No – Rodamientos sellados: 0 – 8 0 – como nueva 8 – sin vida útil Rodamientos sellados: E – efectivo F – falla X-no se usan rodamientos	I – en calibre Bajo calibre medido al 16 avo de pulg. más cercano	Los mismos códigos de principales características de desafilado	BHA – cambio BHA DMF – falla motor de fondo DSF – falla sarta de perforación DST – prueba de tubo abierto. LOG – correr registros CD – acondicionar lodo CP – Punto de corazón DP – Tapón. FM – cambio de formación HP – problemas de hueco HR – horas en la broca PP – presión de bomba PR – rata de penetración TD – profundidad total (o punto de revestimiento) TQ – torque TW – soltamiento WC – condiciones de clima	

Tabla Nº 2. Clasificación de la IADC para Brocas Desgastadas

Fuente: Datalog Manual de Operaciones en el Pozo, Versión 3.0, Marzo 2001.

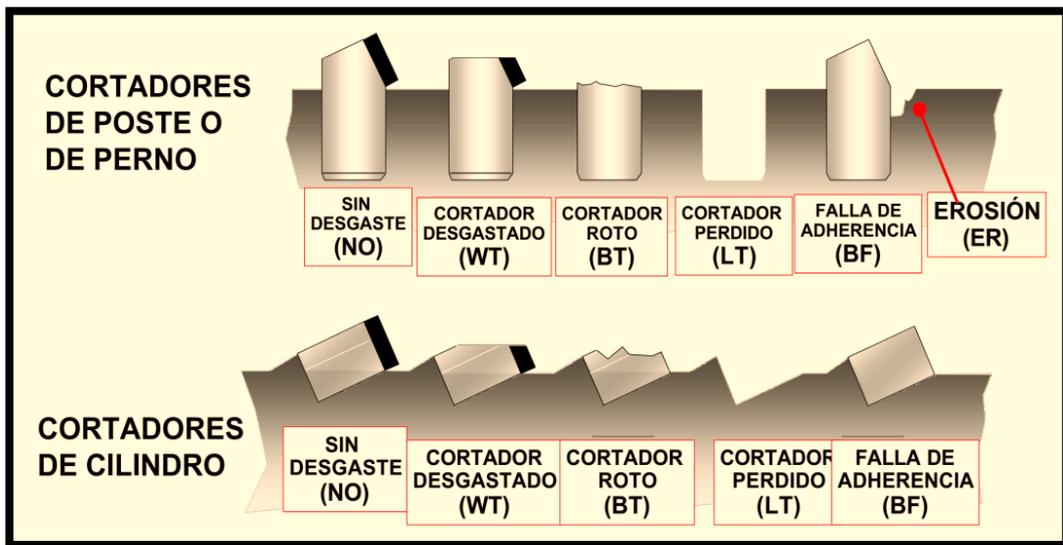


Fig. 18. Cortador Fijo – Características Principales de Desgaste

Fuente: Selección de Barrenas en el Proceso de
Construcción de pozos – Schlumberger 2002

1.3.13.1. Ejemplos de Evaluación de Desgaste de Brocas



Fig. 19. Broca 12 1/4" del Campo Centro Oriente Sacha – X1 con sus respectivos dientes gastados y dientes rotos

Fuente: ARCH – Quito

ESTRUCTURA CORTADORA				COJINETE	CALIBRE	OBSERVACIONES	
HILERA INTERIOR	HILERA EXTERIOR	CARACT. DESGASTE	UBICACIÓN	COJINETE SELLO	GAUGE CALIBRE	OTRAS CARACTERIST.	RAZON DE SALIDA
1	2	WT	A	X	I	BT	TD

Tabla Nº 3. Tabla de Clasificación de la IADC para Brocas Desgastadas con su Calificación para Broca 12 1/4" del Campo Centro Oriente Sacha – X1

Fuente: ARCH – Quito



Fig. 20. Broca 12 ¼” del Campo Centro Oriente Shushufindi – X1 con sus respectivos dientes rotos y dientes tajados

Fuente: ARCH – Quito

ESTRUCTURA CORTADORA				COJINETE	CALIBRE	OBSERVACIONES	
HILERA INTERIOR	HILERA EXTERIOR	CARACT. DESGASTE	UBICACIÓN	COJINETE SELLO	GAUGE CALIBRE	OTRAS CARACTERIST.	RAZON DE SALIDA
2	3	BT	S/G	X	3	CT	BHA

Tabla Nº 4. Tabla de Clasificación de la IADC para Brocas Desgastadas con su Calificación para Broca 12 ¼” del Campo Centro Oriente Shushufindi – X1

Fuente: ARCH – Quito



Fig. 21. Broca 26" del Campo Centro Oriente Shushufindi – X2 con sus respectivos dientes gastados

Fuente: ARCH – Quito

ESTRUCTURA CORTADORA				COJINETE	CALIBRE	OBSERVACIONES	
HILERA INTERIOR	HILERA EXTERIOR	CARACT. DESGASTE	UBICACIÓN	COJINETE CELLO	GAUGE CALIBRE	OTRAS CARACTERIST.	RAZON DE SALIDA
1	1	WT	A	E	I	NO	TD

Tabla Nº 5. Tabla de Clasificación de la IADC para Brocas Desgastadas con su Calificación para Broca 26" del Campo Centro Oriente Shushufindi – X2

Fuente: ARCH – Quito

1.3.14. Evaluación de Brocas

1.3.14.1. Calibración

La calibración en las brocas, se realiza para medir el desgaste que han tenido en las horas-trabajo en que la broca se encuentra perforando.

Calibrador

El que se utiliza para las brocas tricónicas es una regla en forma triangular que mide el desgaste de los conos; en el caso que no se cuente con un calibrador de fábrica, se utiliza una lámina de acero, en forma de anillo, con agarradera y una regla.

Anillo

El anillo con el que se va a calibrar las brocas de diamante policristalino y las tricónicas deberá tener el diámetro de la broca que se va a usar. Cuando la broca es nueva el anillo debe entrar preciso; cuando sale la broca del pozo, se vuelve a medir, indicando desgaste cuando se observa juego o ya no es preciso el anillo calibrador, procediendo a medir con la regla para determinar el porcentaje de desgaste que tuvo la broca.

La calibración de las brocas es de mucha utilidad para saber el desgaste en el diámetro de la misma, y así al meter la broca nueva se evitará un acuñamiento de la sarta por reducción del agujero.

La clasificación y evaluación subsecuentes del grado y tipo de desgaste de una broca usada, desempeña un papel muy importante en el proceso de perforación.

Desgaste para brocas de dientes de acero.



Fig. 22. Broca 8 1/2" y Pad de Calibre

Fuente: ARCH – Quito

A continuación se explican los códigos de desgaste más usados y aceptados en el campo de la perforación.

TO = Diente nuevo.

T1 = Desgaste de 1/8 de la altura original del diente.

T2 = Desgaste de 1/4 de la altura original del diente.

T3 = Desgaste de 3/8 de la altura original del diente.

T4 = Desgaste de 1/2 de la altura original del diente.

T5 = Desgaste de 5/8 de la altura original del diente.

T6 = Desgaste de 3/4 de la altura original del diente.

T7 = Desgaste de 7/8 de la altura original del diente.

T8 = Desgaste total del diente.

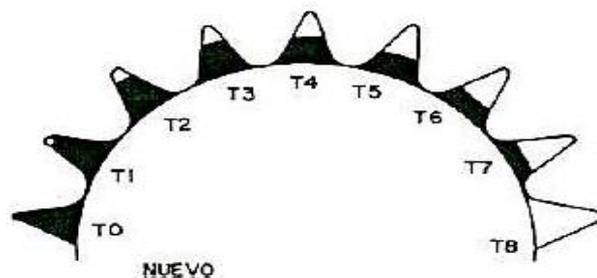


Fig. 23. Código de Desgaste

Fuente: Manual de Perforación de IADC- Edición Once

1.3.15. Desgaste de Baleros

El desgaste de los baleros debe considerarse también según la escala de octavos. Para balero nuevo B0 y balero desgastado 100% B8. Cuando los baleros se atraviesan en la superficie de rodamiento (pista) y traban el cono, se considera B6; si uno o varios rodillos se han quedado fuera del cono, se considera B8. A continuación se exponen las escalas de desgaste:

B0 = Vida del balero desgastado 0.

B1 = Vida del balero gastado 1/8.

B2 = Vida del balero desgastado 1/4 (todavía ajustados)

B3 = Vida del balero gastado 3/8.

B4 = Vida del balero gastado 1/2 (algo flojos).

B5 = Vida del balero gastado 5/8.

B6 = Vida del balero gastado 3/4 (muy flojos), trabados.

B7 = Vida del balero gastado 7/8.

B8 = vida del balero gastado 8/8 (tableros perdidos y/o conos trabados)

Ejemplo de descripción de códigos de desgaste:

T2-B4-Di: dientes desgastados 1/4, media vida de baleros, algo flojos, sin Desgaste en el calibre.

T6-B6-1/2”: dientes desgastados 3/4, balero muy flojo y diámetro reducido 1/2 pg.

Toda la información relacionada con las brocas utilizadas en la perforación de un pozo se debe anotar en un formato denominado registro de brocas (o récord de brocas), para su consulta inmediata o mediata.

1.3.16. Clasificación de Toberas

La tobera tiene un rol muy importante en la perforación de un pozo, ya que por medio de ellas se nota el avance de la broca en la perforación. Existen 3 tipos de toberas:

- ◆ Roscables (hexagonal y cuadrado).
- ◆ De clavo o seguro (figuras)
- ◆ De candado (figura)

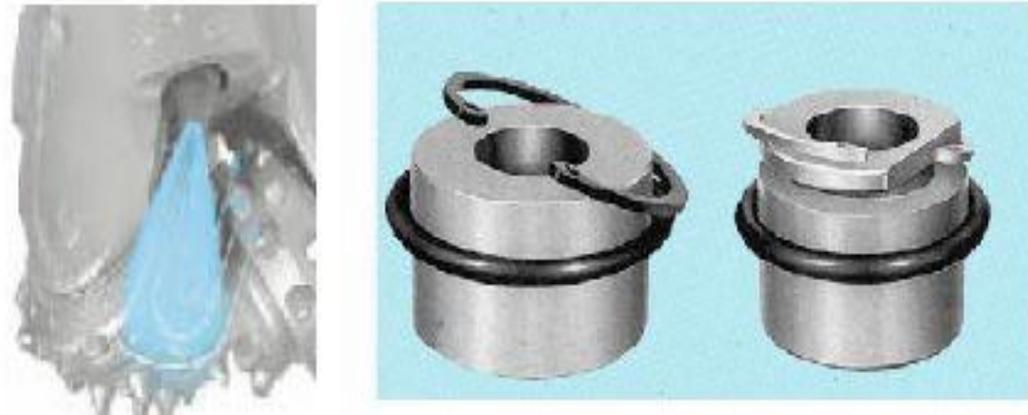


Fig. 24. Toberas de las Brocas

Fuente: Manual Hidráulica y Mechas de J. Molero.2002.

1.3.17. Estructura de Corte Mediante Observación General

T2- Una cuarta parte de los insertos totales se han desgastado, roto o perdido.

T4- La mitad de los insertos totales están desgastados, rotos o perdidos.

T6- Tres cuartas partes de los insertos totales se han desgastado, roto o perdido.

T8- La totalidad de los insertos presentan desgaste, rotura o están perdidos.

1.3.18. Sistema de Rodamiento

Se observa y estima el porcentaje de vida de rodamientos, gastada en el cono que presente el peor estado.

B2- Una cuarta parte de vida gastada.

B4- La mitad de la vida gastada.

B6- Tres cuartas partes de la vida gastada.

B8- Vida totalmente gastada

1.4. CARACTERÍSTICAS ESTRUCTURALES DE LAS BROCAS MÁS UTILIZADAS EN LA PERFORACIÓN

La selección de las brocas a utilizar dependen básicamente de la dureza de las formaciones que se van a perforar; hay variados tipos de brocas, por lo que es posible determinar cuál es la apropiada en la búsqueda de una alta tasa o rata de penetración (ROP). Para la industria de la perforación las más importantes son las siguientes:

- ◆ Brocas Tricónicas
- ◆ Brocas Diamantes Policristalinos (PDC).

1.4.1. Brocas Tricónicas

Se forman por tres conos cortadores que rotan sobre su propio eje; varían de acuerdo con la estructura de corte; pueden poseer dientes de acero fresados o de insertos de carburo de tungsteno; y, cambian en función de su sistema de rodamiento.

1.4.1.1. Componentes de una Broca Tricónica

Las brocas tricónicas constan de tres componentes:

- ◆ Cojinetes.
- ◆ Cuerpo de la broca.
- ◆ La estructura de corte o conos.

El cuerpo de una broca tricónica consiste en:

- ◆ Tres ejes (secciones del cojinete) en donde van montados los conos.
- ◆ Una conexión roscada (piñón) que une la broca con una doble caja del mismo diámetro de lastrabarrenas.
- ◆ Tres conos.
- ◆ Los depósitos que contienen el lubricante para los cojinetes.
- ◆ Los orificios (toberas) a través de los cuales el fluido de perforación fluye para limpiar del fondo el recorte que perfora la broca.
- ◆ Cortadores (dientes o insertos).
- ◆ Hombro de la broca.

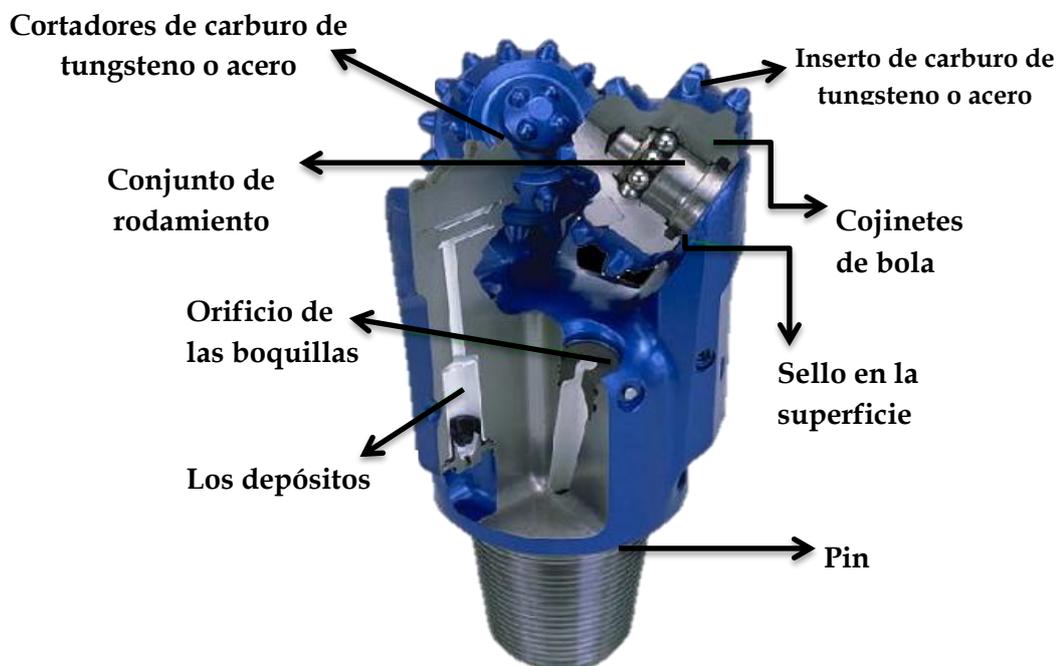


Fig. 25. Componentes de una Broca Tricónica

Fuente: ARCH - Quito

1.4.2. Brocas PDC (Compactos de Diamante Policristalino)

Están formadas por diamantes con cuerpos sólidos y cortadores fijos, que utilizan diamantes sintéticos. Los cortadores se diseñan y fabrican con una apariencia de pastillas, montadas en el cuerpo de los cortadores de la broca.

La estructura de una broca de diamante se compone de tres partes:

- ◆ La espiga
- ◆ La estructura de corte
- ◆ El cuerpo

1.4.2.1. Componentes de una Broca PDC

Una broca PDC está compuesta de las siguientes partes:

- ◆ Numerosos componentes de corte policristalino (cortadores).
- ◆ Una conexión roscada (piñón) que une la broca con una doble caja del mismo diámetro de lastrabarrenas.
- ◆ Aletas (en algunos modelos).
- ◆ Orificios o toberas, a través de los cuales el fluido de perforación fluye para limpiar del fondo el recorte que perfora la broca.
- ◆ Hombro de la broca.

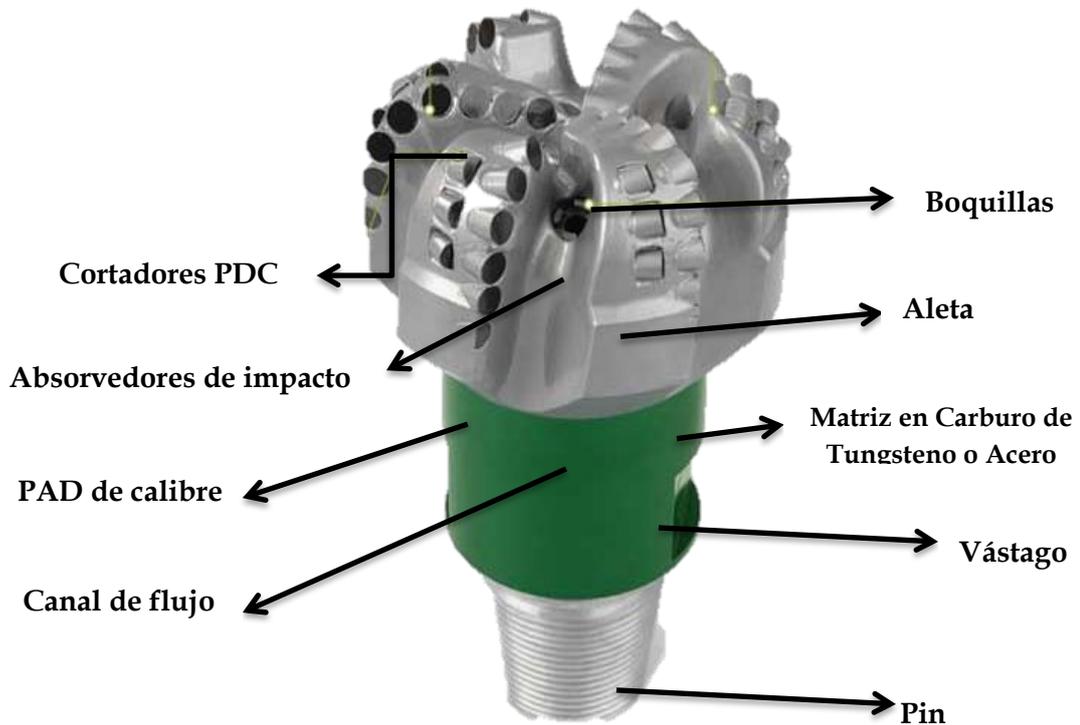


Fig. 26. Componentes de una Broca PDC
Fuente: ARCH - Quito

1.4.3. Selección de Brocas en cuanto a su variable

En la elección de una broca para la perforación de un determinado campo, es necesario analizar algunas variables que actúan entre sí, por esta razón se debe tener en cuenta o conocer los siguientes datos:

- Los rendimientos de las brocas obtenidos en pozos vecinos.
- La evaluación del desgaste de las brocas previamente empleadas.
- Los registros geofísicos de pozos vecinos y del mismo pozo.
- Las propiedades de los fluidos de perforación por emplearse en función de la broca elegida.
- La columna litológica de las formaciones a perforar.

1.4.4. Selección de Brocas en base a sus necesidades

En la perforación de pozos se da a conocer la selección de las brocas utilizadas con la finalidad de obtener los detalles del trabajo cumplido en cada corrida, con el fin de mejorar o reducir el desempeño de la perforación, para utilizarlos en una nueva corrida; la selección de brocas consiste en que esta reúna los siguientes requisitos:

- Parámetros operacionales de la corrida anterior.
- Condiciones de la broca anterior que se corrió en el pozo, nueva o reutilizada.
- Recomendaciones y observaciones sugeridas en la perforación de pozos.

1.5. TECNOLOGÍA DE LAS BROCAS

Al tratar sobre la tecnología de las brocas, se hace referencia a las características que debe tener según el diseño que se desea realizar y los parámetros operativos que debe cumplir, para obtener una perforación exitosa, en el menor tiempo posible y sin ningún inconveniente. La tecnología de las brocas se divide en cuatro puntos importantes a considerar:

- Enfoque del diseño
- Mecánica de corte
- Estabilidad
- Direccionalidad.

1.5.1. Mecanismos de fallas

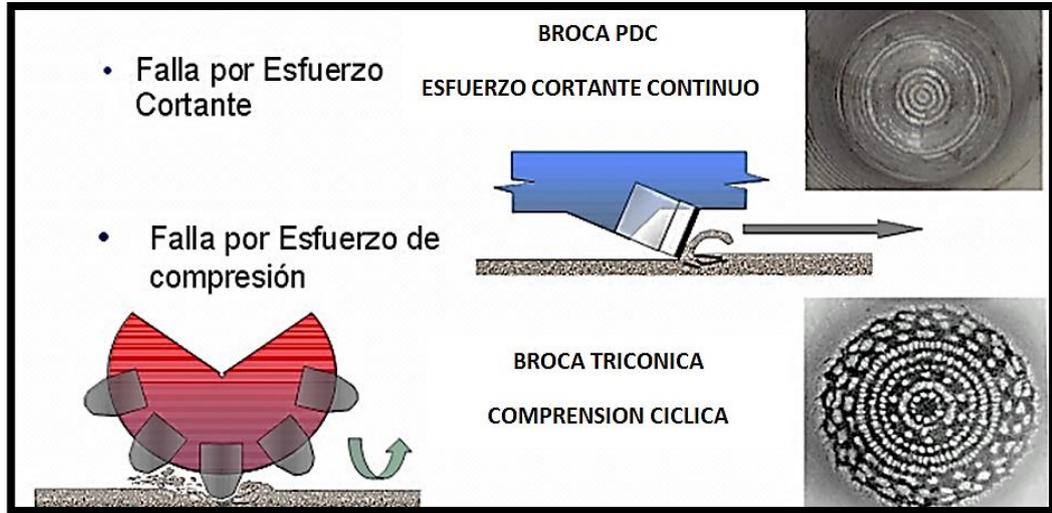


Fig. 27. Mecanismo de Fallas de una Broca PDC y Tricónica

Fuente: Selección de Barrenas en el Proceso de Construcción de Pozo – Schlumberger 2002

1.5.2. Resistencia de la roca

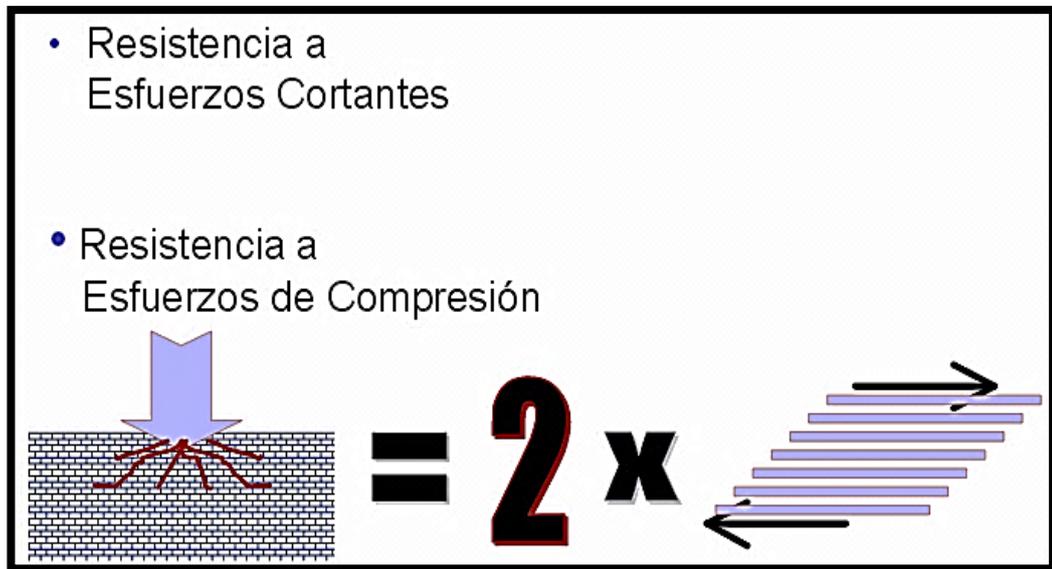


Fig. 28. Resistencia de la Roca

Fuente: Selección de Barrenas en el Proceso de Construcción de Pozo – Schlumberger 2002

1.5.3. Esfuerzos de corte y compresión

1.5.3.1. Brocas tricónicas

Procedimiento que aplica: Trituración, fractura la roca por compresión.

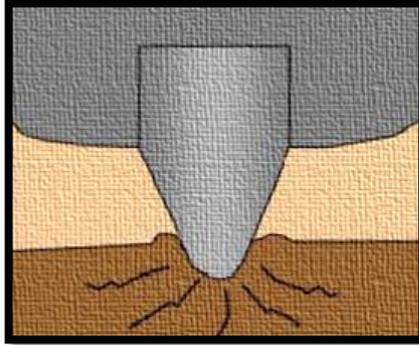


Fig. 29. Resistencia de la Roca

Fuente: Selección de Barrenas en el Proceso de Construcción de Pozo – Schlumberger 2002

1.5.3.2. Brocas PDC

Procedimiento que aplica: Cizallamiento, penetra, corta y elimina por capa.

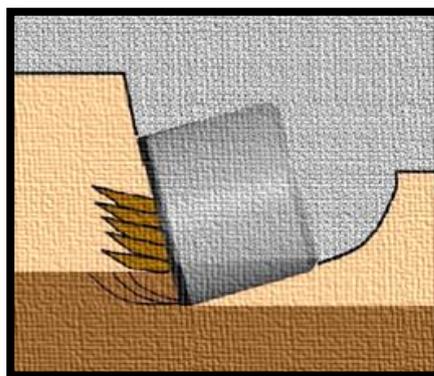


Fig. 30. Resistencia de la Roca

Fuente: Selección de Barrenas en el Proceso de Construcción de Pozo – Schlumberger 2002

1.5.4. Mecanismo de Perforación vs Tipo de la Broca

CONO DENTADO	RASPADO Y RAYADO
INSERTO DE TUNGSTENO	CINCELADO O TRITURADO
PDC	CIZALLAMIENTO
DIMANTE NATURAL	SURCOS O ABRASION CONTINUA
DIAMANTE IMPREGNADO	MOLIENDA

Tabla N° 6. Mecanismos de Perforación

Fuente: ARCH

Elaborado por: Gabriel Rodríguez y Tito Burgos

1.5.5. Mecanismos de Corte en la Perforación

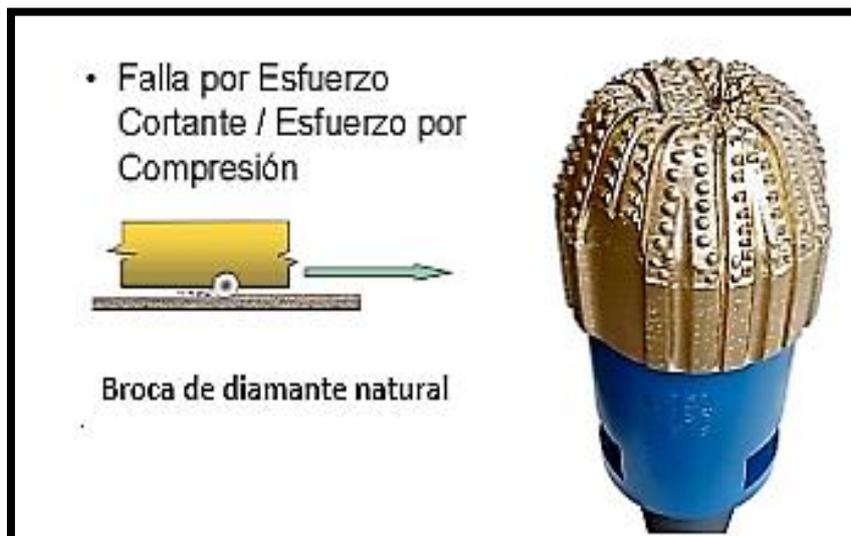


Fig. 31. Resistencia de la Roca

Fuente: Selección de Barrenas en el Proceso de Construcción de Pozo – Schlumberger 2002



Fig. 32. Resistencia de la Roca
Fuente: Selección de Barrenas en el Proceso de Construcción de Pozo – Schlumberger 2002



Fig. 33. Resistencia de la Roca
Fuente: Selección de Barrenas en el Proceso de Construcción de Pozo – Schlumberger 2002

1.6. ANÁLISIS TEÓRICO DE LAS INEFICIENCIAS DEL RENDIMIENTO EN LAS BROCAS QUE SE ORIGINAN EN LOS POZOS PERFORADOS

1.6.1. Factores que Afectan el Desgaste de las Brocas

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

1.6.1.1. 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; es decir, las propiedades físicas de la formación, entre ellas se pueden mencionar:

1.6.1.1.1. Abrasividad

La presencia de materiales abrasivos en la constitución de la roca son la causa del desgaste prematuro en toda la estructura de una broca, el diámetro es el parámetro más afectado.

1.6.1.1.2. Resistencia Específica de la Roca

Está relacionada con la litología y los eventos geológicos que se hayan experimentado. Existen rocas que fueron localizadas a gran profundidad y que posteriormente quedaron a profundidades superficiales debido a levantamientos tectónicos. Por esto son más compactas que otras de tipos similares, pero que no han cambiado de profundidad. La resistencia

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

1.6.1.2. Factores Operativos

Los factores operativos deben ser diseñados de acuerdo con la geología a atravesar y con la geometría del hoyo. Pueden ser modificados en el campo en función del desempeño observado. A continuación se mencionan los principales factores operativos así como los efectos esenciales de una incorrecta selección:

1.6.1.2.1. Peso sobre Broca (WOP)

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

1.6.1.2.2. Velocidad de rotación (RPM).

La velocidad de rotación suele expresarse con el término “RPM”, o sea Revoluciones Por Minuto. La alta velocidad de rotación, por sí sola, no limita el funcionamiento de las brocas, principalmente a las de diamante, ya que por su diseño pueden ser usadas con un motor de fondo o turbina.

En cuanto a las brocas de conos hay algunas especiales para altas velocidades de rotación; sin embargo, hay otros factores que imponen un valor práctico máximo de RPM en ciertas aplicaciones.

Las causas de la limitación son la sarta de perforación y el mecanismo impulsor. Para evitar velocidades críticas se debe aplicar el sentido común: la velocidad de rotación más adecuada es aquella que produzca un máximo ritmo de penetración, pero sin causar problemas. Debe observarse que en formaciones blandas el aumento de la velocidad de rotación resulta en un aumento proporcional del ritmo de penetración.

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 sobre pasa el límite de velocidad de rotación y se afecte así el desgaste de las brocas.

Un caso particular son las brocas de conos diseñadas para ser usadas con motor de fondo o turbina. En estas condiciones la velocidad de rotación es alta (los motores de fondo, dependiendo de su diámetro, tipo, caudal, marca etc., pueden dar una velocidad de rotación de 50 hasta 600 rpm, mientras que las turbinas pueden dar una velocidad de rotación mayor a 1000 rpm).

1.6.1.2.3. Limpieza en el Fondo del Pozo

La limpieza de fondo es también uno de los puntos que afectan el desgaste de las brocas debido a que el fluido de perforación limpia el pozo al desalojar los ripios. De esta manera evita que la broca se embole y se deban usar entonces otros parámetros de perforación. También enfría los dientes o cortadores para que permanezcan a menor temperatura; efectúa, además el enfriamiento y lubricación de la broca, evitando el desgaste por normal enfriamiento.

1.6.1.2.4. Geometría del Hoyo

En función de la experiencia, en ciertas situaciones como la de empezar a desviar a un pozo, es necesario utilizar condiciones de operación no recomendables como el peso sobre broca, revoluciones por minuto. En estos casos el desgaste prematuro de la broca es inevitable por la utilización de sartas profundas para aumentar, disminuir o mantener el ángulo, por lo que la experiencia de campo es necesaria para detectar el desgaste que se está ocasionando.

1.7. RENDIMIENTO DE LAS BROCAS

El objetivo del rendimiento de las brocas aspira a mejorarlas hasta alcanzar un valor óptimo, es decir busca la obtención del costo mínimo de perforación sin sacrificar la seguridad de las operaciones.

Los registros de las brocas incluyen el tipo y diseño de brocas utilizadas, la ROP, los metros perforados por brocas basados en la Asociación Internacional de Contratistas de Perforación (IADC), para clasificar un tipo específico de broca. Cuando el perforador determina que la broca ha dejado de ser efectiva, cuando la ROP se reduce por debajo de una tasa predeterminada, se extrae la sarta de perforación y se inspecciona la broca.

Luego, la broca se analiza para determinar el desgaste y la rotura de la estructura de corte; hace varios años atrás, los perforadores aprendieron a través de la experiencia cómo usar una broca desgastada, para decidir qué tipo de broca correrse al momento o qué modificaciones efectuar al tipo de broca.

1.7.1. Parámetros Operacionales en las Brocas

Los parámetros operacionales utilizados en el funcionamiento de las brocas son sin lugar a dudas un indicativo de lo que ocurre en el fondo del pozo, especialmente con la broca, y son los siguientes:

- ◆ Tasa de penetración (ROP).
- ◆ Velocidad de rotación (RPM).
- ◆ Peso sobre la broca (WOB).
- ◆ Galones por Minuto (GPM)
- ◆ Torque (TQ).
- ◆ Tasa de flujo (Caudal).

1.7.1.1. Tasa de Penetración (ROP)

Indica que si se está perforando con la broca es necesario cambiarla cuando no se encuentra en el rango adecuado de operación, además dependerá mucho de la manera cómo se está rotando.

Es la medida en unidades de pies perforados en una hora (ft/hora), este parámetro indica si se debe continuar perforando con la broca o si es necesario cambiarla debido a que su valor no se encuentra dentro del rango adecuado de operación y además dependerá del modo en que se está trabajando (rotando o deslizando).

◆ ROP Neto

Es la relación entre el intervalo perforado (ft) y las horas efectivas (hrs) empleadas para perforar dicho intervalo.

◆ ROP Promedio

Es la relación entre el intervalo perforado (ft) y las horas promedio (hrs) empleadas para perforar dicho intervalo, las horas promedio incluyen el tiempo de conexión y cualquier otra actividad que tenga un tiempo menor de duración de 30 min.

1.7.1.2. Velocidad de rotación (RPM)

Se la llama generalmente “rotaria” y se basa en la cantidad de vueltas por minuto que el top drive transmite a la sarta de perforación y ésta a su vez, a la broca. La velocidad de perforación es directamente proporcional a la velocidad de rotación (RPM) en formaciones blandas (suaves).

En formaciones duras, el incremento de la velocidad de rotación disminuye así como la velocidad de penetración, en ciertos rangos. Con todo lo anteriormente se aclara el por qué en formaciones suaves es más importante la velocidad de rotación (RPM) que el peso sobre la broca (WOB), lo contrario que en las formaciones duras.

Cuando la broca comienza a crear remolino no se debe tener una alta velocidad de rotación porque puede iniciar altos niveles de vibración de la sarta, un problema que no se desea tener.

Se debe evitar una alta velocidad de rotación en formaciones abrasivas para que no exista un rápido desgaste por abrasión; mientras que velocidades de rotación altas en formaciones duras pueden reducir la tasa de penetración, porque los cortadores no se adentran en la formación para seguir cortándola.

1.7.1.3. Peso sobre la Broca (WOB)

Conforme la estructura de corte de la broca se desgasta, se requerirá más peso para mantener la tasa de penetración (ROP). El incremento del peso sobre la broca (WOB) puede inducir problemas de atascamiento y desplazamiento con respecto a la velocidad de rotación o tasa de penetración, puede generar a la vez una tasa de penetración (ROP) baja técnicamente inaceptable.

Si se tiene una tasa de penetración (ROP) alta, puede ser necesario sacrificar la durabilidad de la broca para aumentar la velocidad de la perforación, lo que se convertirá en un desgaste más rápido de la broca.

1.7.1.4. Galones por Minuto (GPM)

Es el caudal empleado en la perforación en cada una de las secciones, generalmente afecta a la limpieza del hueco y de la broca. Altas tasas de flujo ofrecen mejor limpieza que las bajas, porque transportan mejor los cortes a la superficie debido a una mayor velocidad anular y aumentan la energía hidráulica en la broca.

1.7.1.5. Torque (TQ)

Al utilizar una fuerza en un punto de un cuerpo rígido, este va a realizar un movimiento de rotación en torno a algún eje. La propiedad de la fuerza para hacer girar al cuerpo se mide con una magnitud física que llamamos torque, medido en libras fuerza por pie. El torque rotativo es un indicador de lo que está pasando al nivel de la broca de perforación. Por ejemplo:

◆ **Alto Torque en la Broca PDC**

Implica que la broca probablemente está penetrando o hay alto torque, si hay baja tasa de penetración el BHA podría estar generando el torque y no la broca; bajo torque indica que la broca PDC podría estar resbalando en una formación dura y en la estructura de corte podría haber una embolada.

◆ **Alto Torque en la Broca Tricónica**

Podría significar que los conos están bloqueados, en cuyo caso el torque se reduce a medida que los insertos o dientes se desgastan; torque medio implicaría que puede estar excavando; mientras que el torque bajo indica que la estructura de corte podría estar sin filo o embolada.

El torque se podría considerar demasiado alto cuando la velocidad de rotación en superficie empieza a bajar, así también cuando el motor, la mesa rotaria o el top-drive empiezan a perder velocidad. Las formaciones homogéneas deben producir una señal de torque constante y parejo.

Las formaciones interestratificadas que tienen diferentes resistencias producirán cambios en el torque a medida que la broca y/o el BHA entran y salen de las mismas.

1.8. HIDRÁULICA Y ENSAMBLAJE DE FONDO

La planificación de la hidráulica es parte del proceso general de optimización de la perforación. Esto incluye un balance calculado de los distintos componentes del sistema de circulación para hacer máxima la ROP y mantener limpia la broca y el agujero.

- | | | |
|---------------------------------|---|--------------------------------------|
| ➤ Motores de fondo | ➔ | Fuerza de giro (RPM). |
| ➤ MWD | ➔ | Posición de la broca, Atascamiento. |
| ➤ LWD | ➔ | Datos de la formación a tiempo real. |
| ➤ Sistema de Navegación Rotaria | ➔ | Pérdidas de presiones mínimas. |



La correcta selección de la broca, el diseño y mantenimiento de las propiedades del fluido de perforación, permitirá el empleo de una hidráulica adecuada que proporcionará limpieza eficiente, tanto de la broca como el fondo del pozo.

El fluido de perforación incide en la velocidad de penetración, por ende el cálculo hidráulico del fluido de perforación es importante para definir el diámetro óptimo de las toberas, aquel que dará lugar a la máxima potencia hidráulica del flujo.

El factor limitante puede ser la potencia de las bombas en el taladro, debido a que el taladro depende de la profundidad del pozo y la bomba con la presión del fluido, que fija la presión máxima del stand pipe o tubería vertical y la tasa de flujo.

Todo BHA ejerce fuerzas laterales sobre las brocas, es por esa razón que los BHA se pueden utilizar para la desviación de los pozos, como también para la afectación del desarrollo de la perforación, en lo que se refiere a las pérdidas de presión que se dan en cada proceso.

1.8.1. Eficiencia Hidráulica

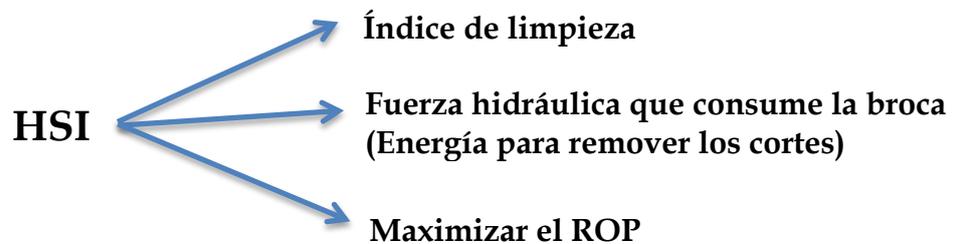
La importancia de la eficiencia hidráulica de una broca PDC se basa en la limpieza y la refrigeración de la broca.

1.8.1.1. Índice de Limpieza (HSI)

Es el índice de limpieza del pozo y se lo conoce también como Caballaje Hidráulico por pulgada cuadrada en el fondo del pozo.

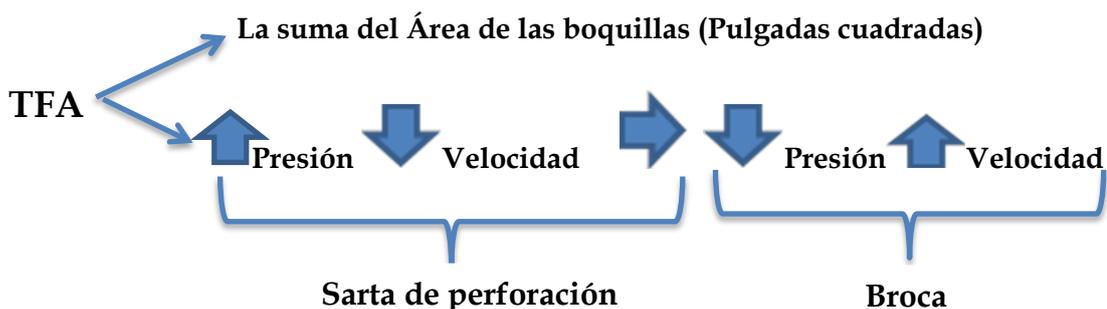
Dicho parámetro proporciona una medida de la fuerza hidráulica que consume la broca en función del caudal de la bomba, de la caída de presión en la broca y del diámetro de la misma.

El HSI es el factor primario para maximizar la tasa de penetración de la broca, y es la energía necesaria que esta requiere para transportar los cortes desde la salida (cara) de la broca al anular.



1.8.1.2. Área Total de Flujo (TFA)

Representa la sumatoria de las áreas de los chorros de la broca a través de los cuales pasa el flujo. Para considerar el TFA, se necesita contar con todos los chorros que hay tanto en la broca como en el ampliador (reamer) en el caso de brocas bicéntricas.



1.8.2. Hidráulica Aplicada a Brocas de Perforación

Para optimizar la operatividad de la broca es necesario realizar un diseño hidráulico que contribuya al mejoramiento de la tasa de penetración. Es importante tomar en cuenta los siguientes términos:

1.8.2.1. Cálculo de la Fuerza de Impacto (HSI)

Representa el índice o la fuerza con que la broca se enfrenta a la formación, contribuyendo al efecto de flotabilidad de la broca. Se calcula con la siguiente fórmula:

$$HSI = \frac{HHPm}{A} = \frac{HP}{pulg^2}$$

$$H_p HHP_m = \frac{(\Delta P_m \times Q)}{1714}$$

Dónde:

HHP_m = Potencia en la broca, HP.

ΔP_m = Caída de Presión en la broca, psi.

Q = Caudal de Flujo, gpm.

A = A = (π/ 4) x Dh. Área del hoyo, pulg.

1.8.2.2. Caballos de Fuerza Hidráulicos (HHP)

Según el Glosario Petrolero de Schlumberger ésta es una medición de la energía por unidad de tiempo que se consume a través de los chorros de la broca. Comúnmente se calcula por la ecuación:

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

Dónde:

P = representa la Presión en libras por pulgada cuadrada,

Q = indica la Tasa de Flujo expresada en galones por minuto,

1714 = es un factor de conversión necesario para expresar HHP en unidades de HP o caballos de Fuerza.

Los fabricantes de brocas a menudo recomiendan que la energía hidráulica del fluido a través de los chorros tenga valores de HHP ubicados entre un rango de 2,0 y 7,0. Para garantizar un adecuado funcionamiento de los dientes de la broca y la limpieza en el fondo del hoyo (con el valor mínimo de HHP), también para evitar la erosión y desgaste prematuro de la broca por sí misma (para ello se tiene un valor máximo de HHP).

(HPP) son las siglas en inglés de Hydraulic Horse Power, y la fórmula para estimarla es:

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

Dónde:

HHP = Caballos de Fuerza Hidráulicos.

P = Presión de Circulación, psi.

Q = Tasa de Circulación, gpm.

Ejemplo:

Determine los HHP con la siguiente información:

Presión de Circulación = 3500 psi.

Tasa de Circulación = 800 gpm.

$$HHP = (3500 \times 800) / 1714$$

$$HHP = 1633.6$$

1.8.2.3. Caída de Presión en la Broca

Representa la pérdida de presión al pasar el fluido de perforación a través de los chorros de la broca, debida a la diferencia de diámetro entre la tubería y la parte interna de la broca a través de los chorros. Se puede calcular por la siguiente fórmula:

$$\Delta P_{bit} = \frac{Q^2 \times MW \times 10^6}{A_n^2 \times 6.496}$$

Dónde:

Q = Caudal de Flujo

MW = Densidad del Lodo

An = Área Total de los Chorros

1.8.2.4. Cálculo del Área total de flujo (TFA)

Las siglas en inglés significan: Total Flow Area (TFA), representa la sumatoria de las áreas de los chorros de la broca a través de los cuales pasa el flujo. Para considerar el TFA, se necesita contar con todos los chorros que hay tanto en la mecha como en el ampliador (reamer) en el caso de brocas bicéntricas. Se calcula de la siguiente forma:

$$Flow Area = \frac{N^2}{1303.8}$$

Dónde:

N = Diámetro nominal de cada Chorro (área del chorro/32).

Flow Área = TFA, en pulgadas cuadradas.

1.8.2.5. Velocidad de los Chorros

La caída de presión originada en la mecha influye en la velocidad de salida de los chorros, mientras menor diámetro tengan estos mayor será la velocidad de salida y la fuerza de impacto, representando con ello una mayor caída de presión. Esta velocidad la podemos calcular por la fórmula:

$$V_{jets} = \frac{Q}{(3,12 \times TFA)} = \frac{pie}{min}$$

Dónde:

Q = Caudal de la bomba en uso, GPM.

TFA = Total Fluid Area, de los jets de la broca en uso, pulgs.

3,12 = Factor de conversión (NÚMERO PI).

CAPÍTULO II
DISEÑO METODOLÓGICO

2. DISEÑO METODOLÓGICO

2.1. DETERMINACIÓN DEL UNIVERSO Y LA MUESTRA

Al tratarse, este trabajo, de una evaluación técnica se realizaron todos los esfuerzos pertinentes para poder recolectar los datos utilizados en pozos perforados en el centro oriente de la amazonia ecuatoriana, pozos de los campos Sacha y Shushufindi para poder realizar una evaluación comparativa.

2.2. TIPO DE ESTUDIO

El siguiente estudio es de carácter aplicado, documental y descriptivo.

2.2.1. Estudio de Tipo Aplicado

Se concentra en el estudio técnico de las causas que generan la evaluación del rendimiento técnico en brocas de pozos perforados en el Centro-Oriente de la amazonia ecuatoriana, con el objetivo de mejorar las operaciones en perforación, disminuyendo así los tiempos y costos.

2.2.2. Estudio Documental

Se fundamenta en la búsqueda de información precedente sobre estos procesos operativos en la explotación de hidrocarburos, se recopilará a través de reportes finales de la operación emitidos por las diferentes compañías operadoras, con el motivo de suministrar la información más óptima.

2.2.3. Estudio Descriptivo

En su desarrollo se describen los parámetros y variables de perforación y fluidos, también se señalan las causas que originaron la evaluación del rendimiento técnico de las brocas, acciones realizadas, lecciones aprendidas y recomendaciones en los pozos seleccionados en el avance de los capítulos.

2.3. UNIVERSO Y MUESTRA

2.3.1. Universo

El universo para la investigación está constituido por los pozos en los que se ha producido la evaluación del rendimiento técnico de las brocas desde junio del 2011 hasta marzo del 2014.

2.3.2. Muestra

Se conforma de 30 pozos seleccionados del Centro-Oriente de la Amazonia ecuatoriana, en los que se evaluará el rendimiento técnico de las brocas en la fase de perforación, de los cuales seleccionaremos 10 pozos donde se originen problemas interpretando los datos de cada uno de ellos para poder plantear una propuesta para la optimización del rendimiento técnico de las brocas, evaluando uno a uno los problemas que se producen en cada sección perforada, sean estas a 26", 16", 12 ¼", 8 ½" de los pozos en el Centro-Oriente de la Amazonia ecuatoriana.

2.4. CRITERIOS DE ESTUDIO

Para el estudio se consideraron algunos criterios en los pozos como:

- ❖ Pozos con evaluación técnica de las brocas.
- ❖ Pozos perforados a partir del 2011.
- ❖ Pozos por desgaste de brocas que se detallan en la continuidad de los capítulos.
- ❖ Pozos que contengan reportes finales técnicos de perforación y fluidos con la mayor información disponible que se citarán en los capítulos siguientes.

2.5. MÉTODOS Y TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Para la selección de los datos requeridos en esta investigación se han utilizado una serie de técnicas e instrumentos, que permitan recopilar la información de los principales factores que inciden en la evaluación técnica de las brocas en pozos perforados. Donde presentan problemas en los pozos seleccionados en el Centro-Oriente de la Amazonia ecuatoriana, cuyos resultados deben estar lo más ajustados a la realidad posible. También se planteó una matriz para la recolección de la información necesaria de la perforación de cada pozo con datos de ROP, distancia perforada, sistema de rotación, tipo de broca, número de boquillas, características de desgaste entre otros parámetros de perforación y parámetros de la broca.

2.5.1. Deducción

A partir de la información recolectada de los factores en la evaluación del rendimiento técnico de las brocas, se establecen procedimientos adaptados, lecciones aprendidas y recomendaciones para la búsqueda de posibles soluciones.

2.6. PROCESAMIENTO Y SELECCIÓN DE INFORMACIÓN DE LA RECOLECCIÓN DE DATOS

Se emplea estadística descriptiva y se aplica el programa Microsoft Excel para presentar cuadros estadísticos y gráficos, que representan los factores de evaluación del rendimiento técnico de las brocas en pozos perforados en el Centro-Oriente de la amazonia ecuatoriana. La información que se tomará de reportes finales de los pozos seleccionados son:

- ❖ Datos generales.
- ❖ Esquema mecánico.
- ❖ Esquema de direccional.
- ❖ Descripción geológica y litológica.
- ❖ Parámetros de perforación que se observará en los siguientes capítulos.
- ❖ Parámetros de fluidos de perforación usados en la evaluación realizada.

Los datos para la presente investigación provienen de la Agencia de Regulación y Control Hidrocarburífero (ARCH), tomando referencias de: datos generales, esquemas mecánicos, y reportes finales de geología, perforación y fluidos de perforación de las secciones problema de cada pozo; para recolectar esta información se utilizan matrices que contienen los parámetros más relevantes para facilitar su posterior calificación. Al ser una evaluación técnica se realizaron todos los esfuerzos pertinentes para poder recolectarlos y plantear pruebas comparativas.

2.7. DESCRIPCIÓN MECÁNICA BREVE DE LOS POZOS PERFORADOS

2.7.1. Centro Oriente Sacha – X2

2.7.1.1. Datos Generales:

Pad	Sacha
Pozo	Centro Oriente Sacha – X2
Compañía Operadora	Rio Napo
Elevación del Terreno	919 ft
Elevación de la Mesa Rotaria	945 ft
Coordenadas de Superficie: Zona UTM	Norte: 9,953,499.3 Este: 289,195.72 Latitud: 0 ^o , 11´ 48.190´´ S Longitud: 76 ^o , 50´, 39.147´´ W
Coordenadas del Objetivo: “Hollín Inferior”	Norte: 9.977.00 m Este: 295.240 m
Tipo de Pozo	Direccional Tipo “J”
Punto de Inicio de Desvío (KOP)	2871 ft
Desplazamiento Horizontal	4795.67 ft
Profundidad Total	11708´MD/10089´TVD
Máxima Inclinación	44.29 ^o @ 7430´MD
Inicio de Perforación	01/12/2011 – 22h00
Fin de Operaciones de Perforación	30/12/2011 – 23h00

Tabla Nº 7. Datos Generales del Campo Centro Oriente Sacha – X2

Fuente: ARCH – Quito

Elaborado por: Gabriel Rodríguez y Tito Burgos

El pozo Centro-Oriente Sacha – X2 es un pozo direccional tipo “J” de desarrollo, perforado para evaluar reservas del yacimiento “Hollín Inferior”.

Se iniciaron operaciones de perforación el 01 de diciembre de 2011 a las 22:00 horas y culminaron el 30 de diciembre del 2011 a las 23:00 horas.

2.7.1.2. Esquema Mecánico Centro Oriente Sacha – X2

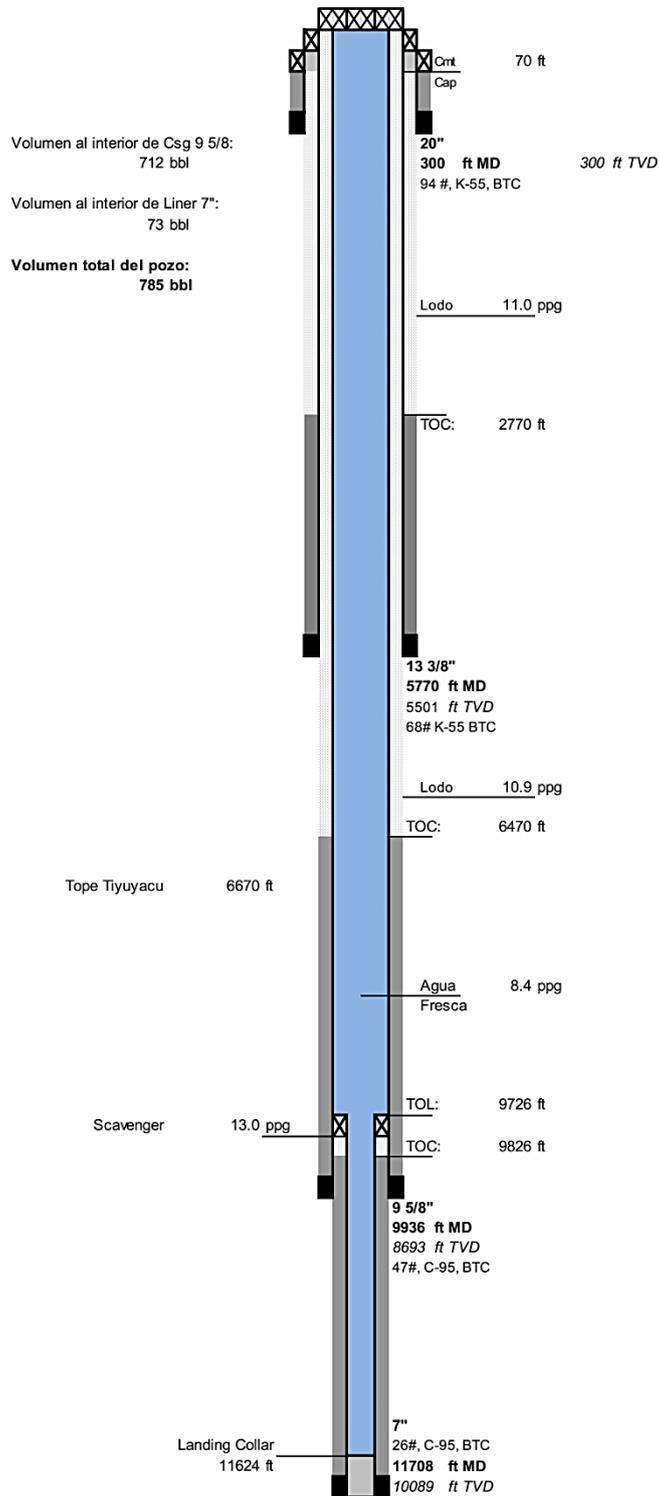
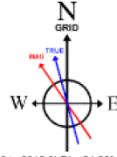


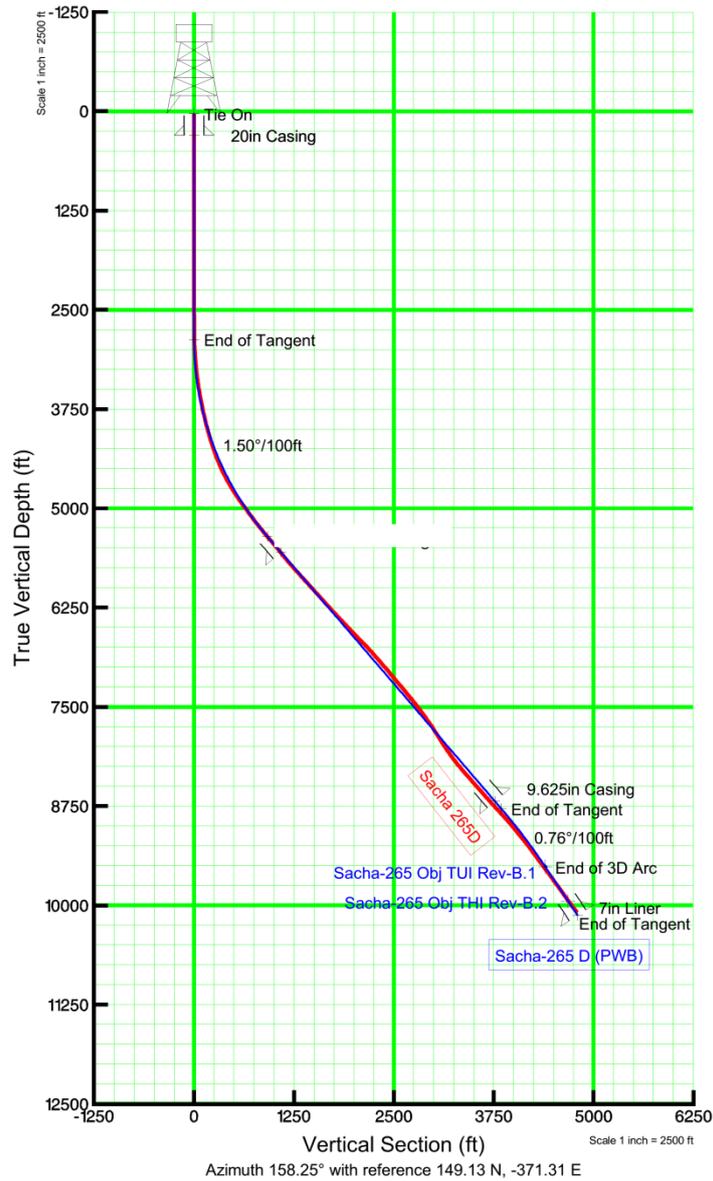
Fig. 34. Pozo Sacha – X2

Fuente: ARCH – Quito

2.7.1.3. Esquema Direccional Centro Oriente Sacha – X2



BGGM (1945.0 to 2012.0) Dip: 21.89° Field: 29327 nT
 Magnetic North is 3.56 degrees West of True North (at 01/Feb/2011)
 Grid North is 0.01 degrees East of True North
 To correct azimuth from True to Grid subtract 0.01 degrees
 To correct azimuth from Magnetic to Grid subtract 3.57 degrees
 For example: if the Magnetic North Azimuth = 90 degs, then the Grid North Azimuth = 90 - 3.57 = 86.43



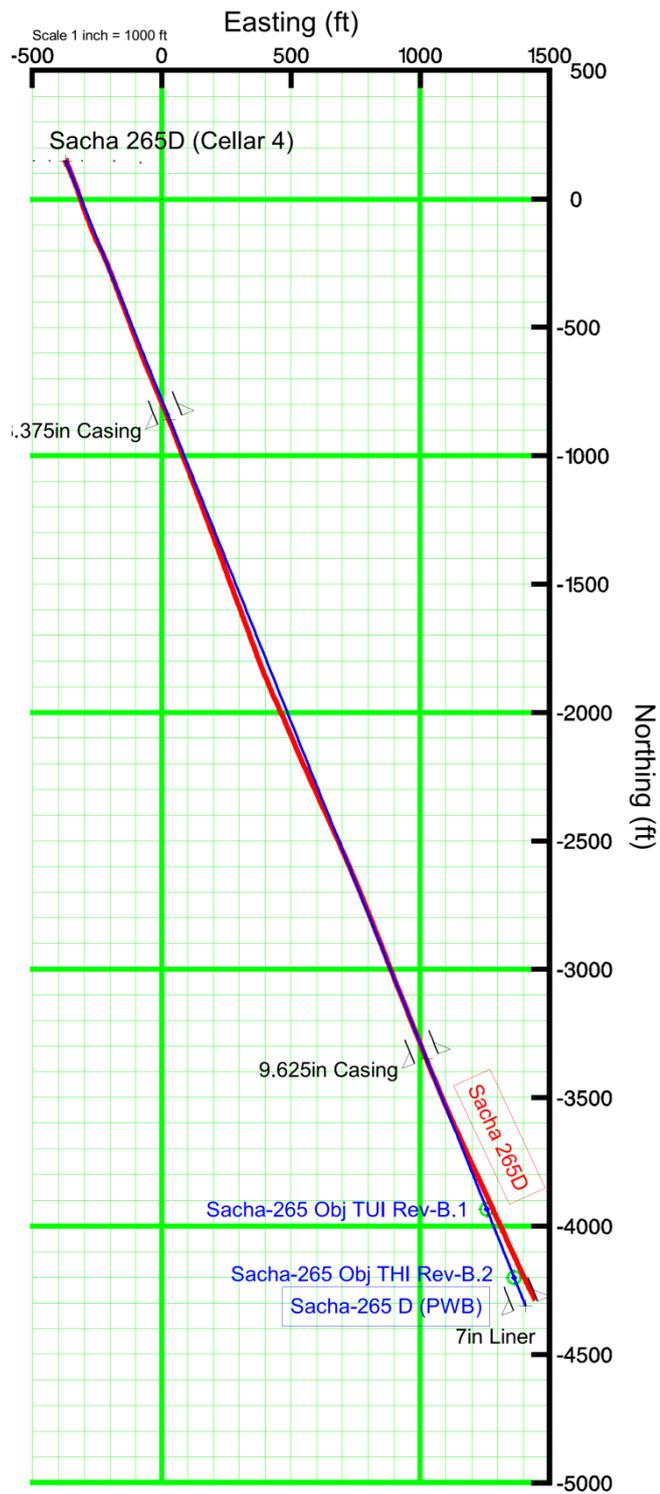


Gráfico N° 1. Plan vs Real Sacha – X2

Fuente: ARCH – Quito

2.7.2. Centro Oriente Sacha – X3

2.7.2.1. Datos Generales:

Pad	Sacha
Pozo	Centro Oriente Sacha – X3
Compañía Operadora	Rio Napo
Elevación del Terreno	851.38 ft
Elevación de la Mesa Rotaria	877.38 ft
Coordenadas de Superficie: Zona UTM	Norte: 9954448.39 m Este: 290094.98 m Latitud: 0 ⁰ 24' 42.805'' S Longitud: 76 ⁰ 53' 09.581'' W
Coordenadas del Objetivo: “Hollín Superior”	Norte: 9955253.61 m Este: 290212.20 m
Tipo de Pozo	Direccional Tipo “J” Modificado
Punto de Inicio de Desvío (KOP)	4100 ft
Desplazamiento Horizontal	2738 ft
Profundidad Total	10712' MD/ 10046' TVD
Máxima Inclinación	32.22 ⁰ @ 8455' MD
Inicio de Perforación	20/01/2013 – 22h00
Fin de Perforación	10/02/2013 – 09h30

Tabla Nº 8. Datos Generales del Campo Centro Oriente Sacha – X3

Fuente: ARCH – Quito

Elaborado por: Gabriel Rodríguez y Tito Burgos

El pozo Centro-Oriente Sacha – X3 es un pozo direccional tipo “J” de desarrollo, perforado para evaluar reservas del yacimiento “Hollín Superior”.

Se iniciaron operaciones de perforación el 20 de enero de 2013 a las 22:00 horas y culminaron el 10 de febrero del 2013 a las 09:30 horas.

2.7.2.2. Esquema Mecánico Centro Oriente Sacha – X3

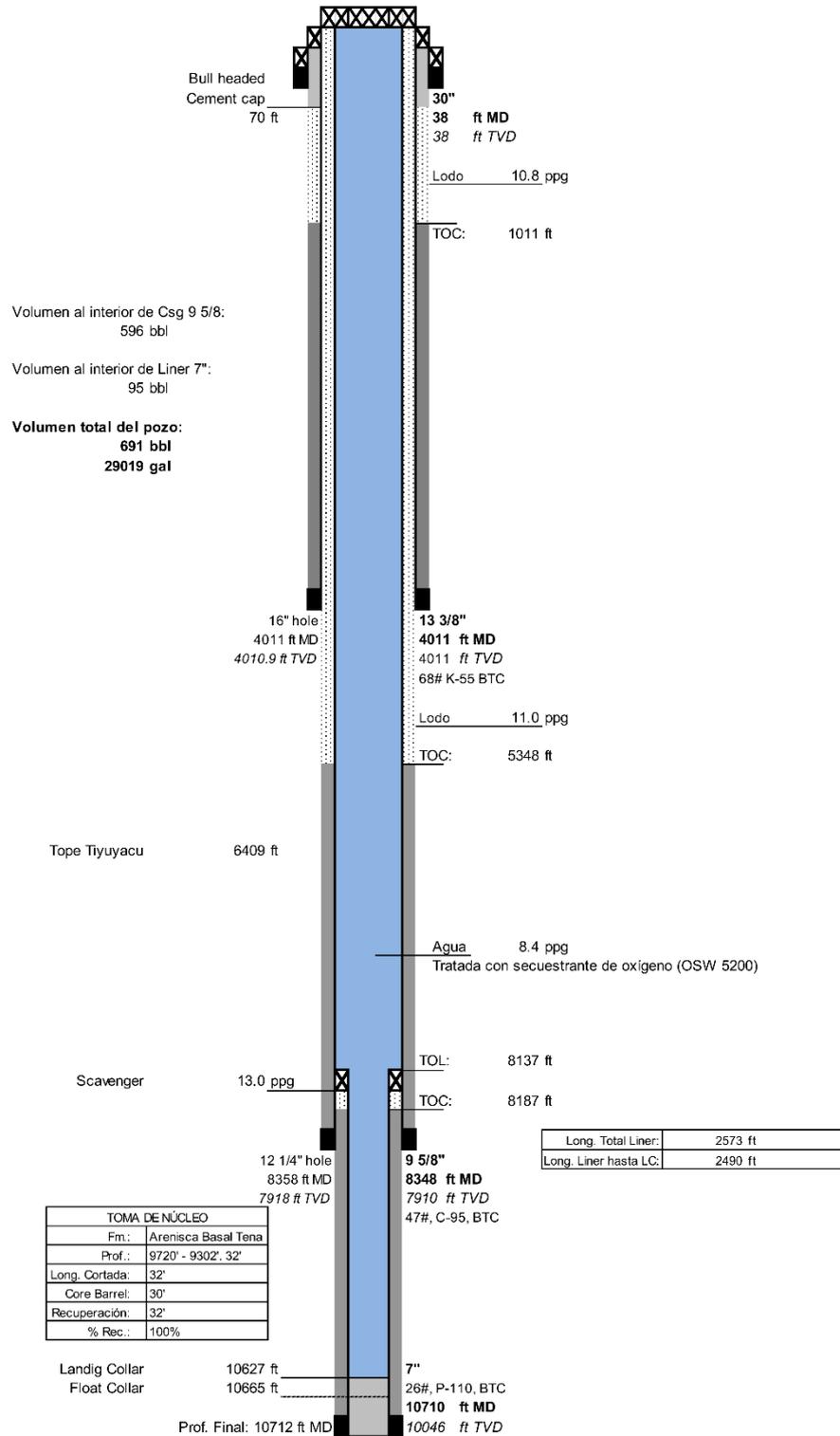
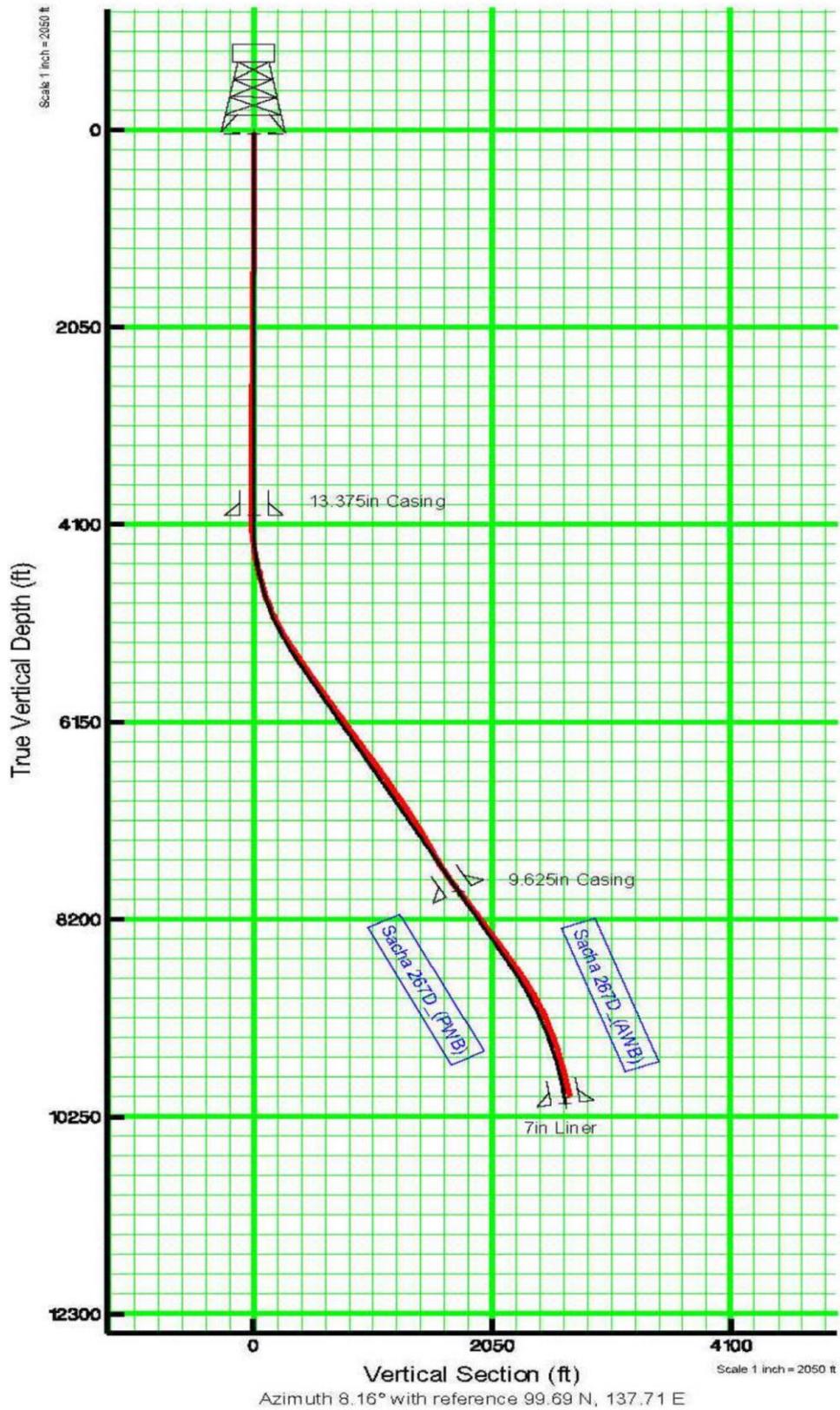


Fig. 35. Pozo Sacha – X3

Fuente: ARCH – Quito

2.7.2.3. Esquema Direccional Centro Oriente Sacha – X3



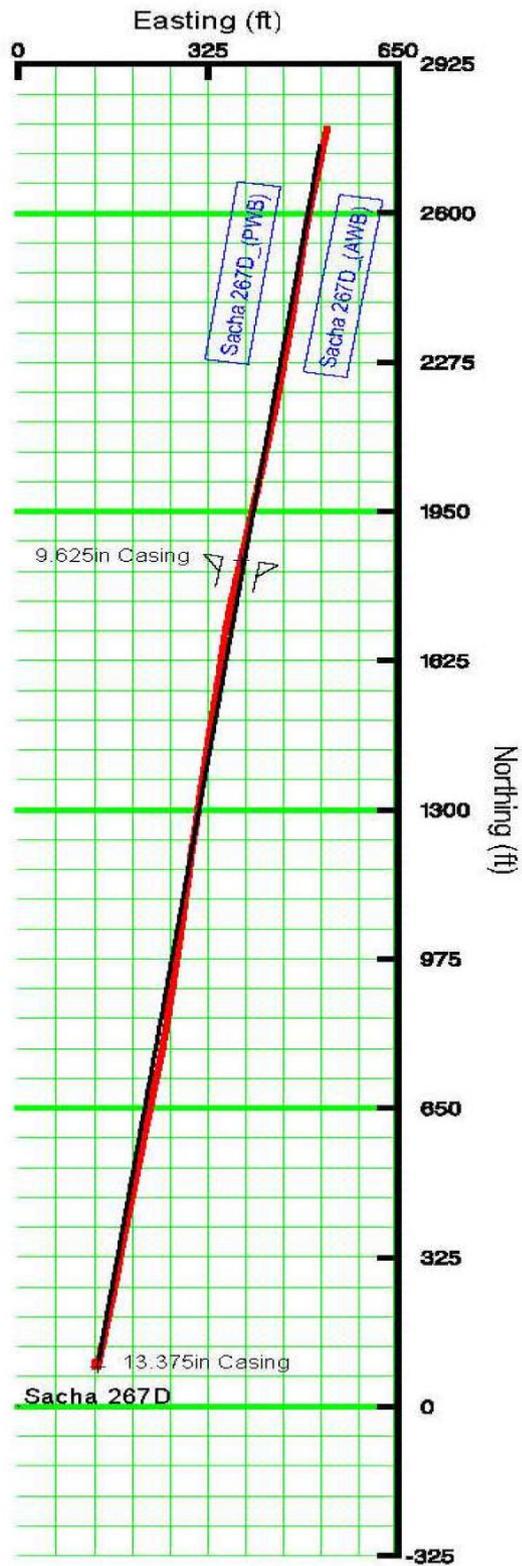


Gráfico N° 2. Plan vs Real Sacha – X3

Fuente: ARCH – Quito

2.7.3. Centro Oriente Sacha – X5

2.7.3.1. Datos Generales:

Pad	Sacha
Pozo	Centro Oriente Sacha – X5
Compañía Operadora	Río Napo
Elevación del Terreno	928.48 ft
Elevación de la Mesa Rotaria	954.48 ft
Coordenadas de Superficie: Zona UTM	Norte: 9982301.97 m Este: 295259.35 m Latitud: 0° 09'36.125" S Longitud: 76° 50'22.448" W
Coordenadas del Objetivo: "U Inferior"	Norte: 9982065.91 m Este: 295353.03 m
Tipo de Pozo	Direccional Tipo "S"
Punto de Inicio de Desvío (KOP)	920 ft
Desplazamiento Horizontal	831.01 ft
Profundidad Total	10283 MD/ 10181 TVD
Máxima Inclinación	18.23° @ 3265' MD
Inicio de Perforación	02/07/2012 – 02h00
Fin de Perforación	20/07/2012 – 11h30

Tabla N° 9. Datos Generales del Campo Centro Oriente Sacha – X5

Fuente: ARCH – Quito

Elaborado por: Gabriel Rodríguez y Tito Burgos

El pozo Centro-Oriente Sacha – X5 es un pozo direccional tipo "S" de desarrollo, perforado para evaluar reservas del reservorio "U Inferior".

Las operaciones de perforación, en este campo, se iniciaron el 02 de julio de 2012 a las 02:00 horas y culminaron el 20 de ese mismo mes y año, a las 11:30 horas.

2.7.3.2. Esquema Mecánico Centro Oriente Sacha – X5

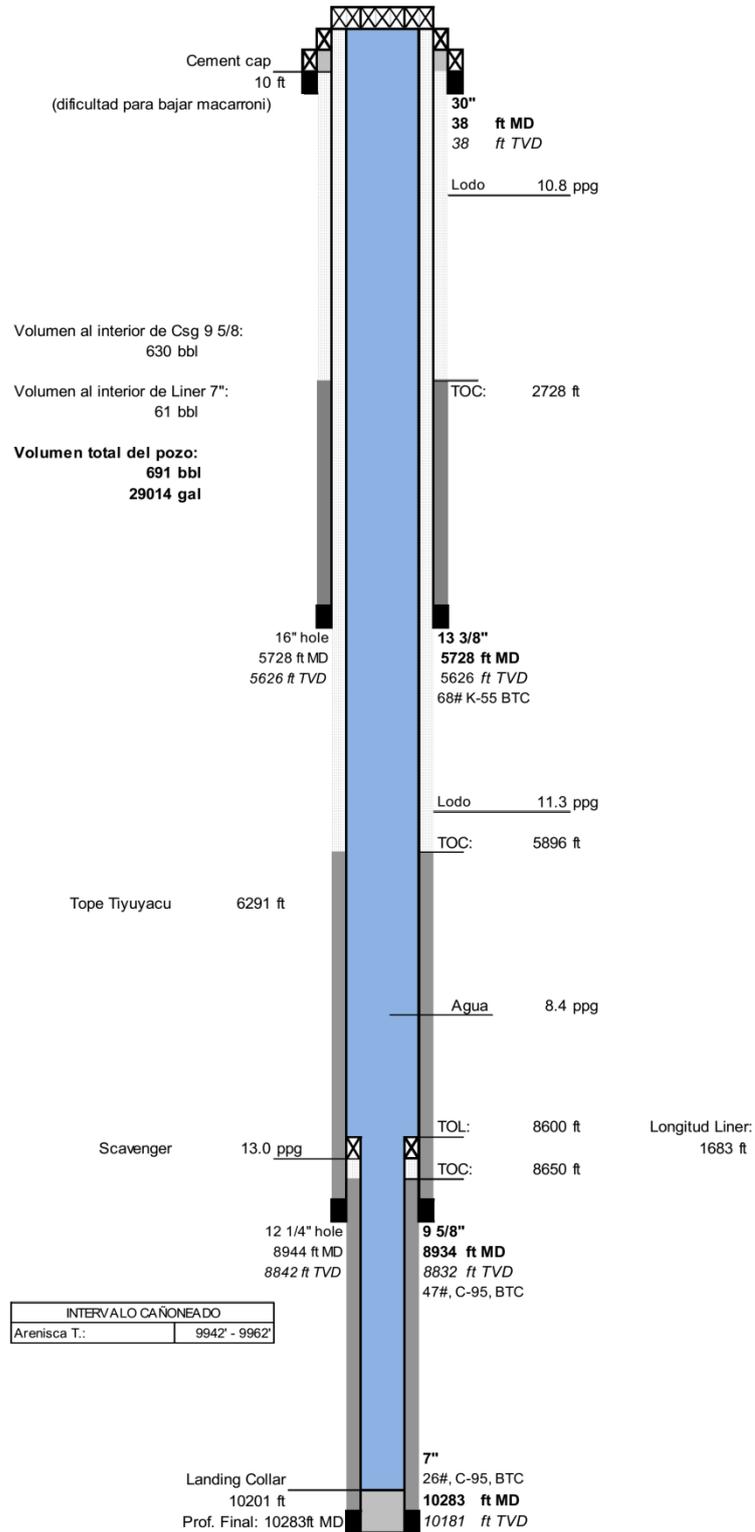
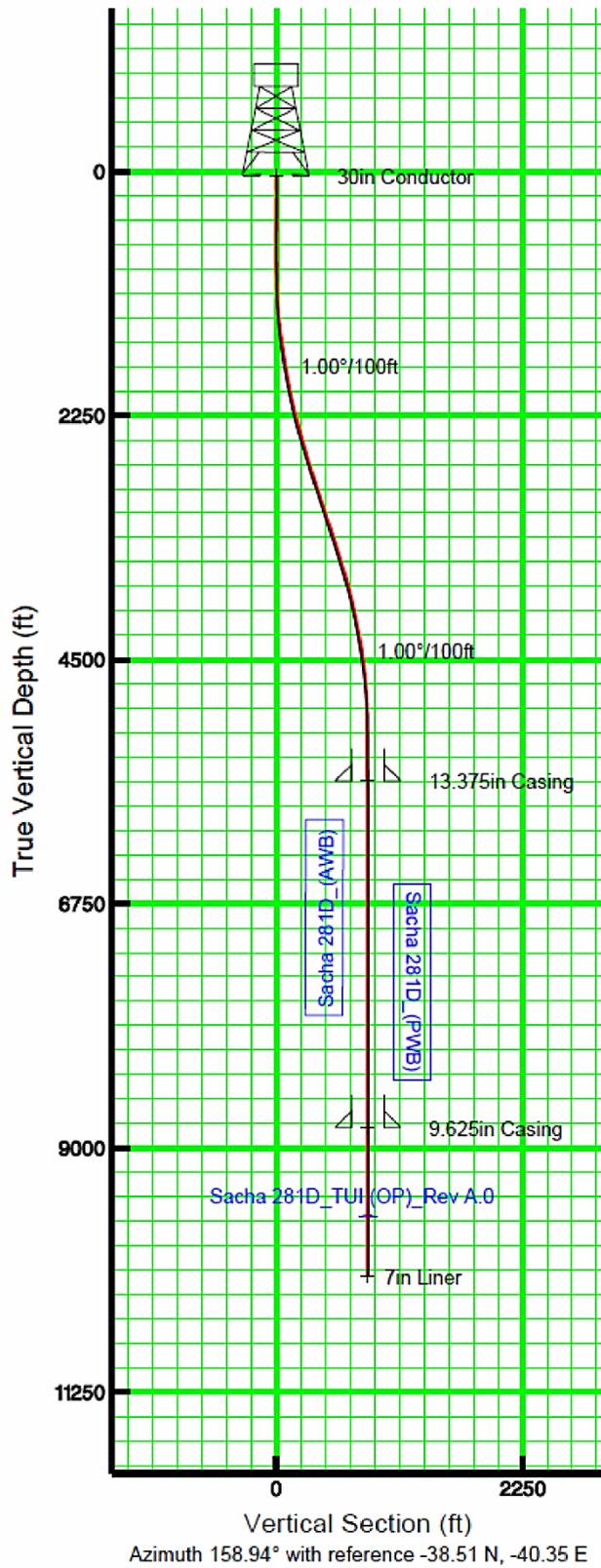
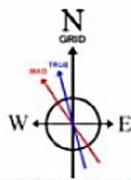
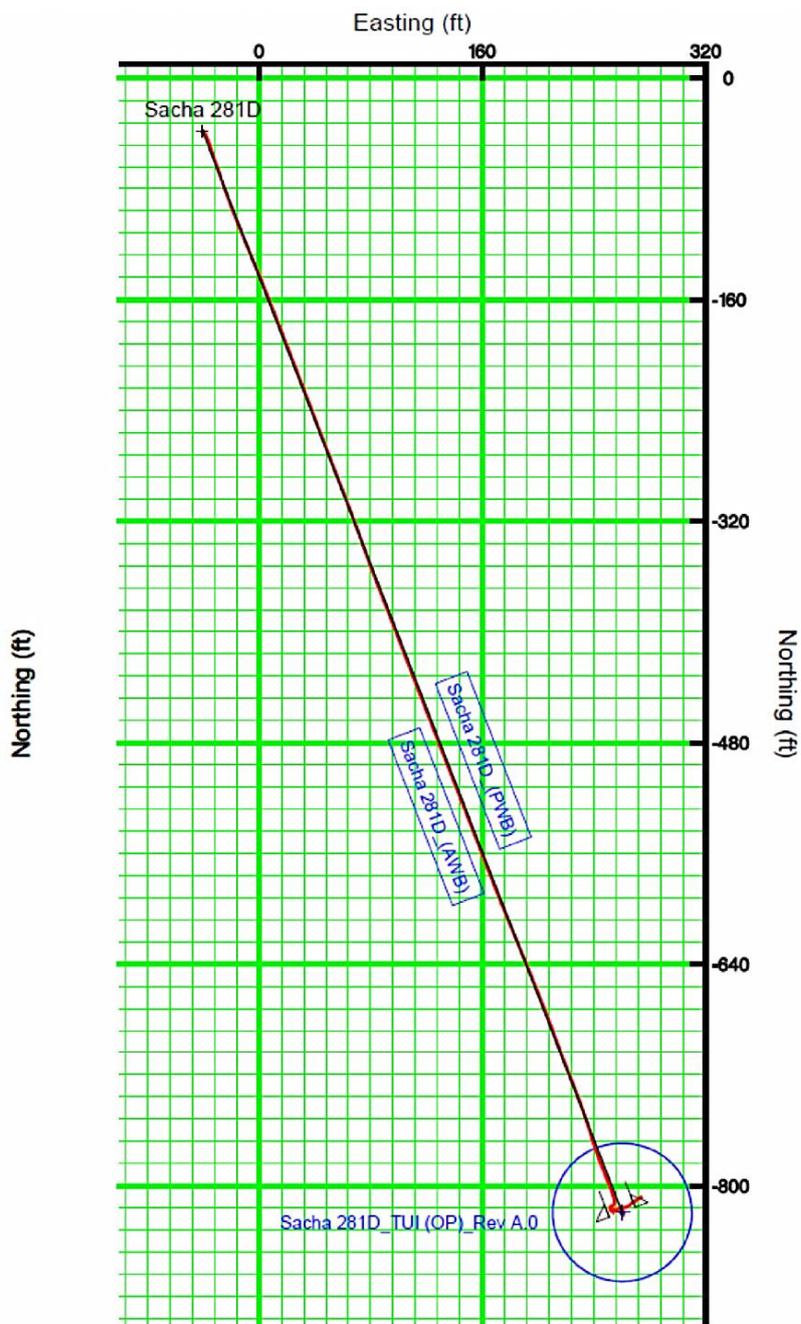


Fig. 36. Pozo Sacha – X5

Fuente: ARCH – Quito

2.7.3.3. Esquema Direccional Centro Oriente Sacha – X5





BGGM (1945.0 to 2013.0) Dip: 21.78° Field: 29223.3 nT
 Magnetic North is 3.75 degrees West of True North (at 24/04/2012)
 Grid North is 0.01 degrees East of True North
 To correct azimuth from True to Grid subtract 0.01 degrees
 To correct azimuth from Magnetic to Grid subtract 3.76 degrees
 For example: if the Magnetic North Azimuth = 90 degs, then the Grid North Azimuth = 90 - 3.76 = 86.24

Gráfico N° 3. Plan vs Real Sacha – X5

Fuente: ARCH – Quito

2.7.4. Centro Oriente Sacha – X6

2.7.4.1. Datos Generales:

Pad	Sacha
Pozo	Centro Oriente Sacha – X6
Compañía Operadora	Río Napo
Elevación del Terreno	928.48 ft
Elevación de la Mesa Rotaria	954.48 ft
Coordenadas de Superficie: Zona UTM	Norte: 9982290.24 m Este: 295247.05 m Latitud: 0 ⁰ 09'36.507'' S Longitud: 76 ⁰ 50'22.846'' S
Coordenadas del Objetivo: “U Inferior”	Norte: 9982256.27 m Este: 296334.23 m
Tipo de Pozo	Direccional Tipo “J”
Punto de Inicio de Desvío (KOP)	822 ft
Desplazamiento Horizontal	3700 ft
Profundidad Total	11030' MD/ 10147' TVD
Máxima Inclinación	32.16 ⁰ @ 8096' MD
Inicio de Perforación	01/08/2012 – 00h00
Fin de Perforación	20/08/2012 – 17h00

Tabla N° 10. Datos Generales del Campo Centro Oriente Sacha – X6

Fuente: ARCH – Quito

Elaborado por: Gabriel Rodríguez y Tito Burgos

El pozo Centro-Oriente Sacha – X6 es un pozo direccional tipo “J” de desarrollo, perforado para evaluar reservas del reservorio “U Inferior”.

Se iniciaron operaciones de perforación el 01 de agosto de 2012 a las 00:00 horas y culminaron el 20 de agosto de ese mismo año a las 17:00 horas.

2.7.4.2. Esquema Mecánico Centro Oriente Sacha – X6

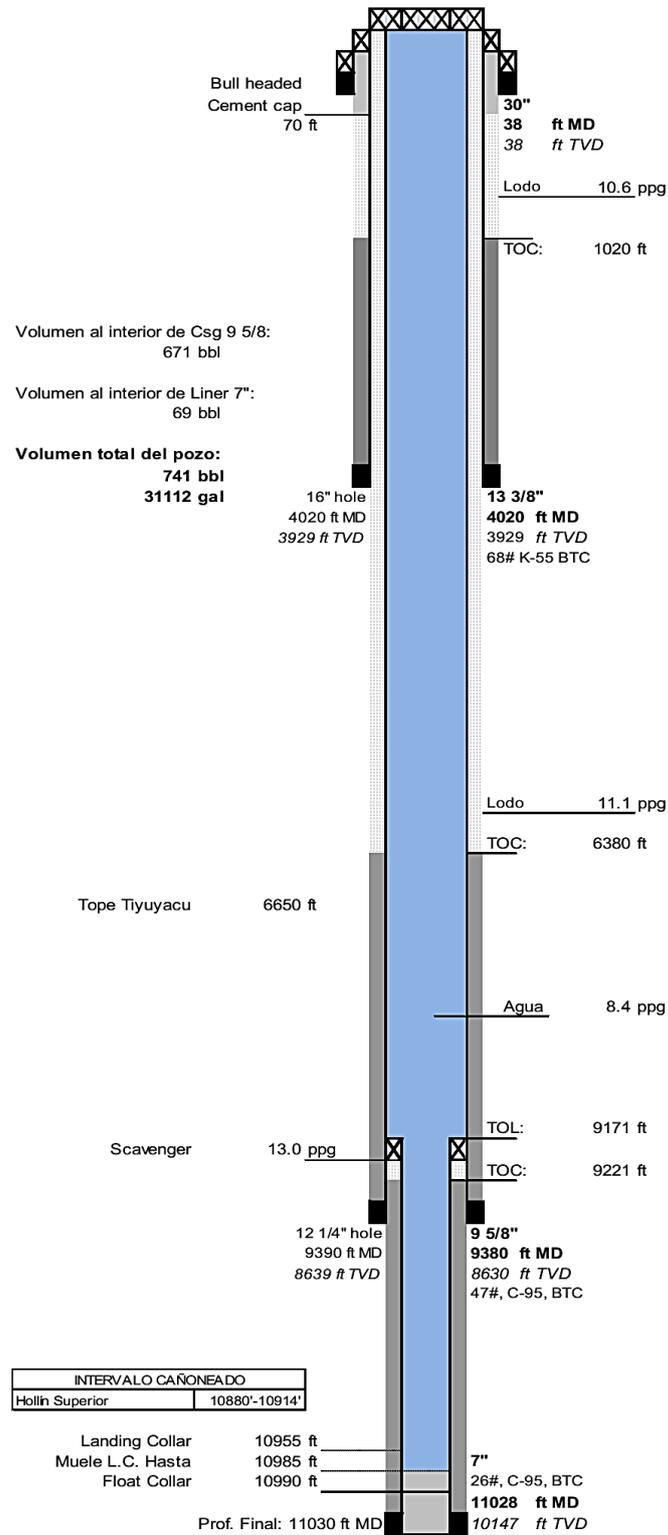
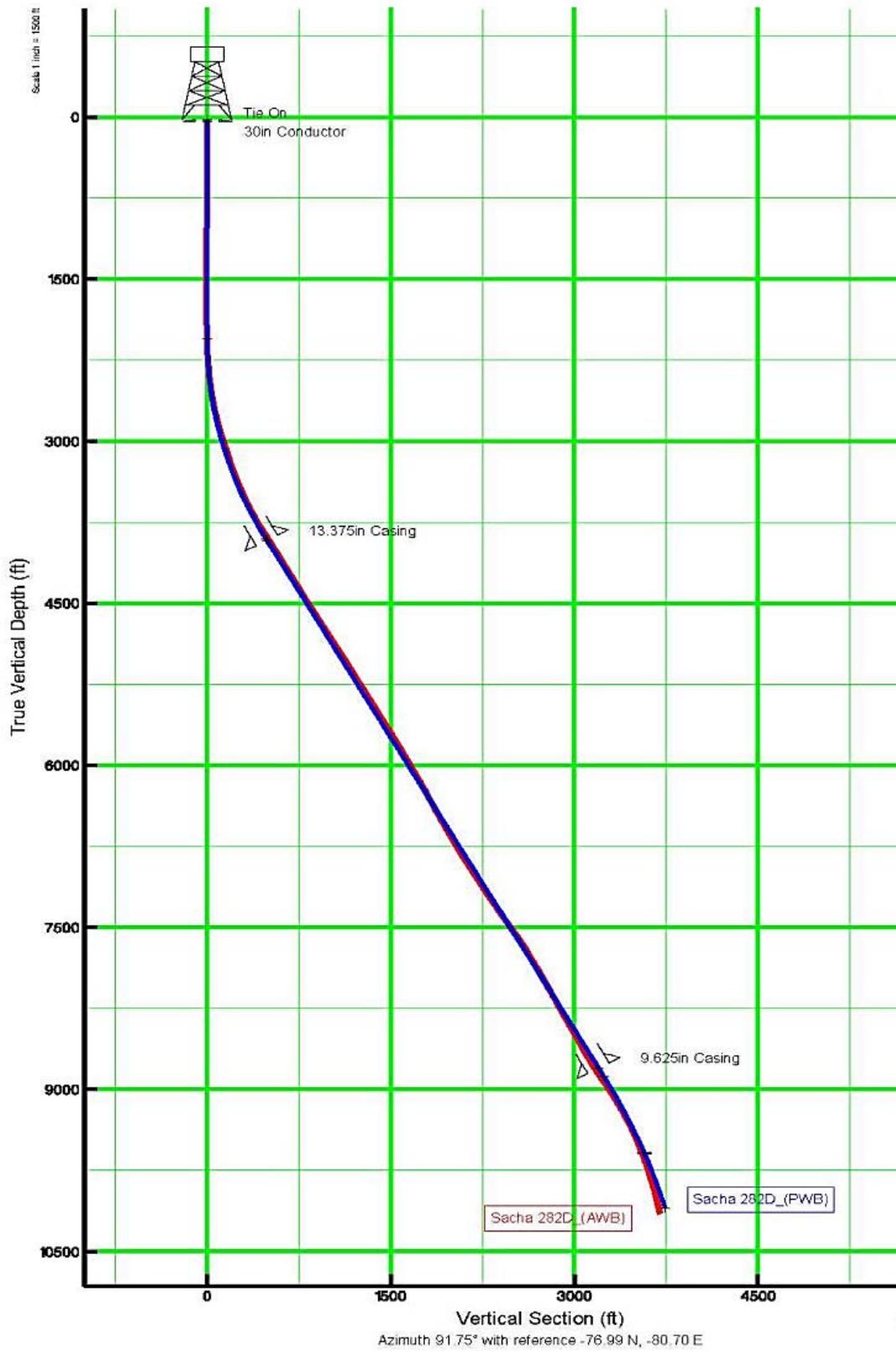


Fig. 37. Pozo Sacha – X6

Fuente: ARCH – Quito

2.7.4.3. Esquema Direccional Centro Oriente Sacha – X6



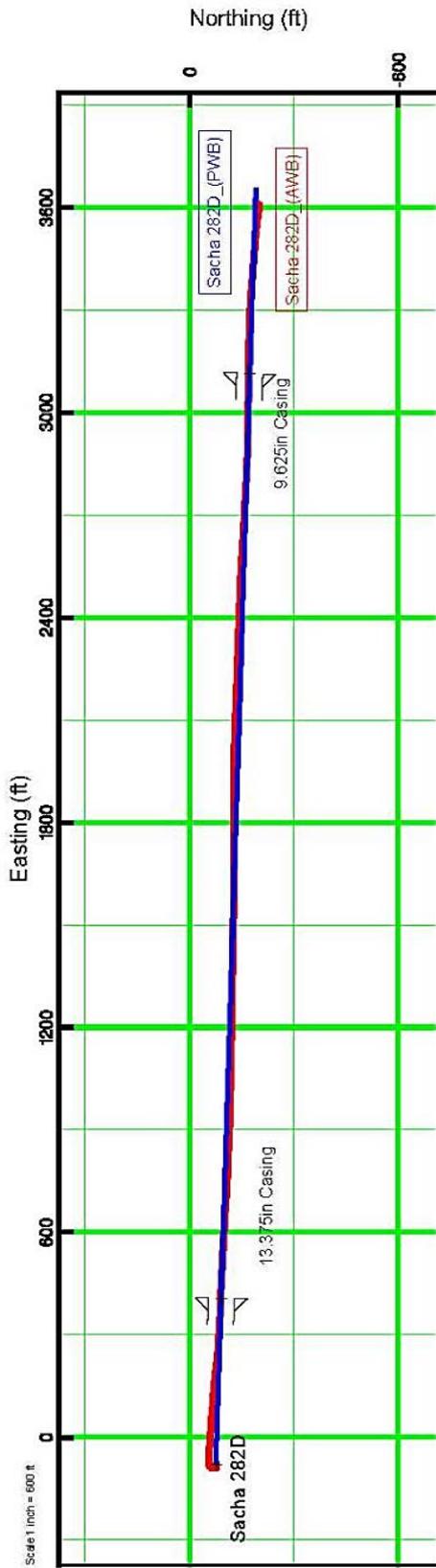


Gráfico N° 4. Plan vs Real Sacha – X6
 Fuente: ARCH – Quito

2.7.5. Centro Oriente Sacha – X7

2.7.5.1. Datos Generales:

Pad	Sacha
Pozo	Centro-Oriente Sacha – X7
Compañía Operadora	Río Napo
Elevación del Terreno	928.48 ft
Elevación de la Mesa Rotaria	954.48 ft
Coordenadas de Superficie: Zona UTM	Norte: 9982278.50 m Este: 295234.75 m Latitud: 0° 09' 36.889" S Longitud: 76° 50' 23.244" W
Coordenadas del Objetivo: "U Inferior"	Norte: 9981241.83 m Este: 295353.47 m
Tipo de Pozo	Direccional Tipo "J" Modificado
Punto de Inicio de Desvío (KOP)	1833 ft
Desplazamiento Horizontal	3544 ft
Profundidad Total	11000 MD/ 10189 TVD
Máxima Inclinación	30.78° @ 7986' MD
Inicio de Perforación	01/09/2012 – 00h00
Fin de Perforación	28/09/2012 – 06h00

Tabla N° 11. Datos Generales del Campo Centro Oriente Sacha – X7

Fuente: ARCH – Quito

Elaborado por: Gabriel Rodríguez y Tito Burgos

El pozo Centro-Oriente Sacha – X7 es un pozo direccional tipo "J" Modificado de desarrollo, perforado para evaluar reservas del reservorio "U Inferior".

Se iniciaron operaciones de perforación el 01 de septiembre de 2012 a las 00:00 horas y culminaron el 28 de septiembre del 2012 a las 06:00 horas.

2.7.5.2. Esquema Mecánico Centro Oriente Sacha – X7

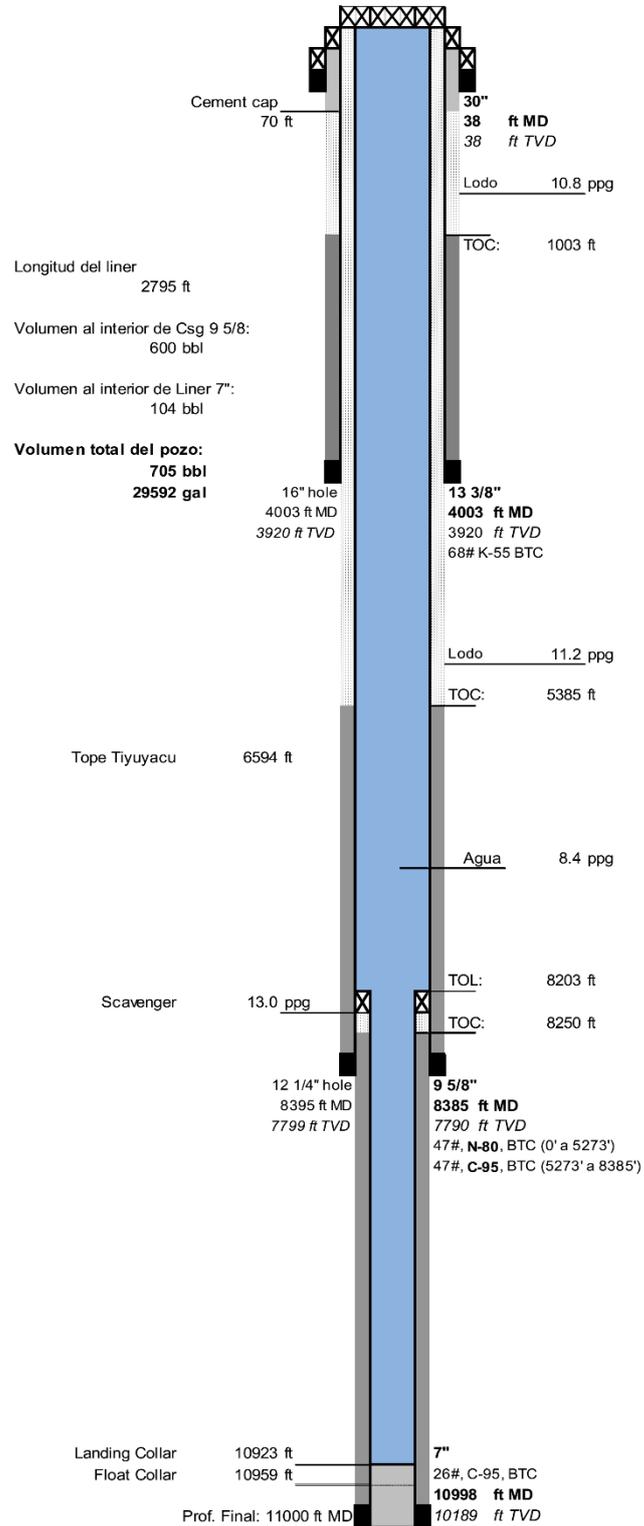
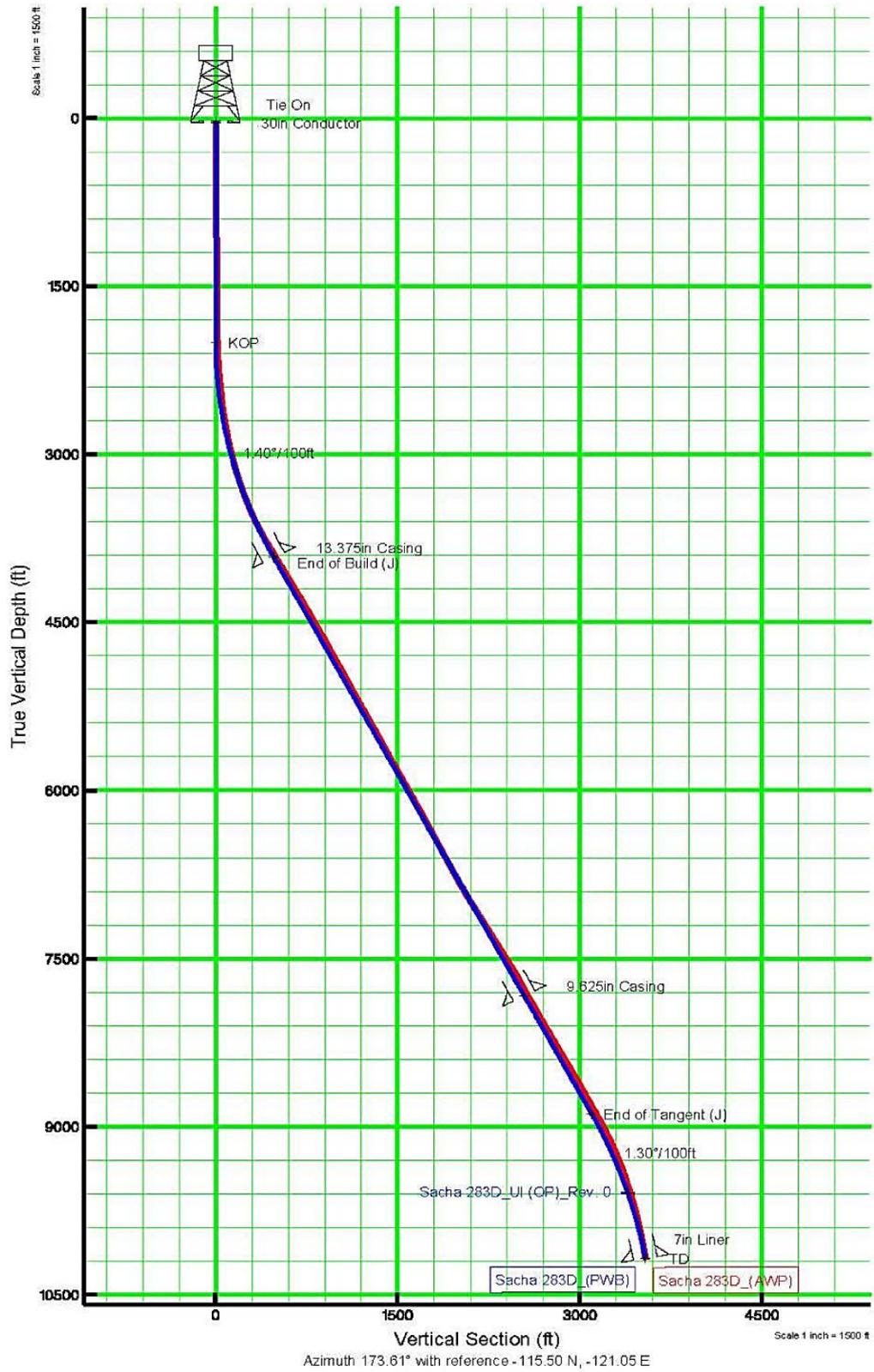


Fig. 38. Pozo Sacha – X7

Fuente: ARCH – Quito

2.7.5.3. Esquema Direccional Centro Oriente Sacha – X7



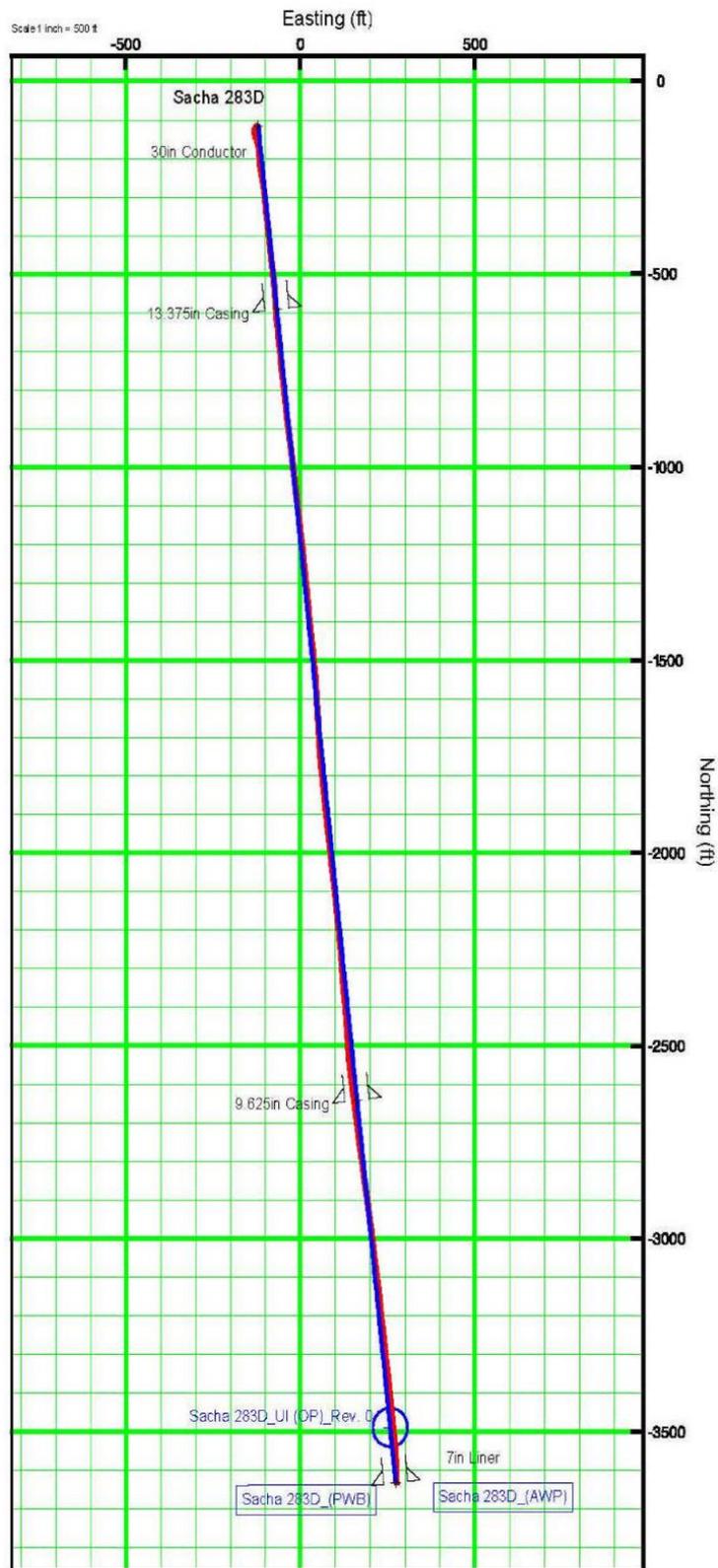


Gráfico N° 5. Plan vs Real Sacha – X7

Fuente: ARCH – Quito

2.7.6. Centro Oriente Sacha – X10

2.7.6.1. Datos generales:

Pad:	Sacha
Pozo:	Centro-Oriente Sacha – X10
Campo Operadora:	Río Napo
Elevación del Terreno	856.1 ft
Elevación de la Mesa Rotaria	891.9 ft
Coordenadas: Zona UTM 18S	Norte: 9955636.82 m Este: 291777.84 m Latitud: S 0° 24' 4.13'' Longitud: W 76° 52' 15.16''
Coordenadas del Objetivo: “Hollín Inferior”	Norte: 9955883.06 m Este: 292385.30 m Latitud: S 0°, 23' 56.12'' Longitud: W 76° 51' 55.51''
Tipo de Pozo	Direccional Tipo “S”
Punto de Inicio de Desvío (KOP)	500 ft
Desplazamiento Horizontal	2184.41 ft
Profundidad Total	10520' MD/10001' TVD
Inclinación Máxima	37.49° @ 3202.5' MD
Inicio de Perforación	29/04/2012 – 17h00
Fin de Operaciones de Perforación	25/05/2012 – 06h00

Tabla Nº 12. Datos Generales del Campo Centro Oriente Sacha – X10

Fuente: ARCH – Quito

Elaborado por: Gabriel Rodríguez y Tito Burgos

El pozo Centro-Oriente Sacha – X10 fue diseñado como un pozo de desarrollo productor para ser perforado en el Bloque Sacha, Campo Sacha, plataforma “Centro-Oriente Sacha – X10”. Este pozo fue planeado como un pozo direccional tipo “S”. El objetivo principal fue la arenisca “Hollín Superior”.

Se iniciaron operaciones de perforación el 29 de abril de 2012 a las 17:00 horas y culminaron el 25 de mayo del mismo año a las 06:00 horas.

2.7.6.2. Esquema Mecánico Centro Oriente Sacha – X10

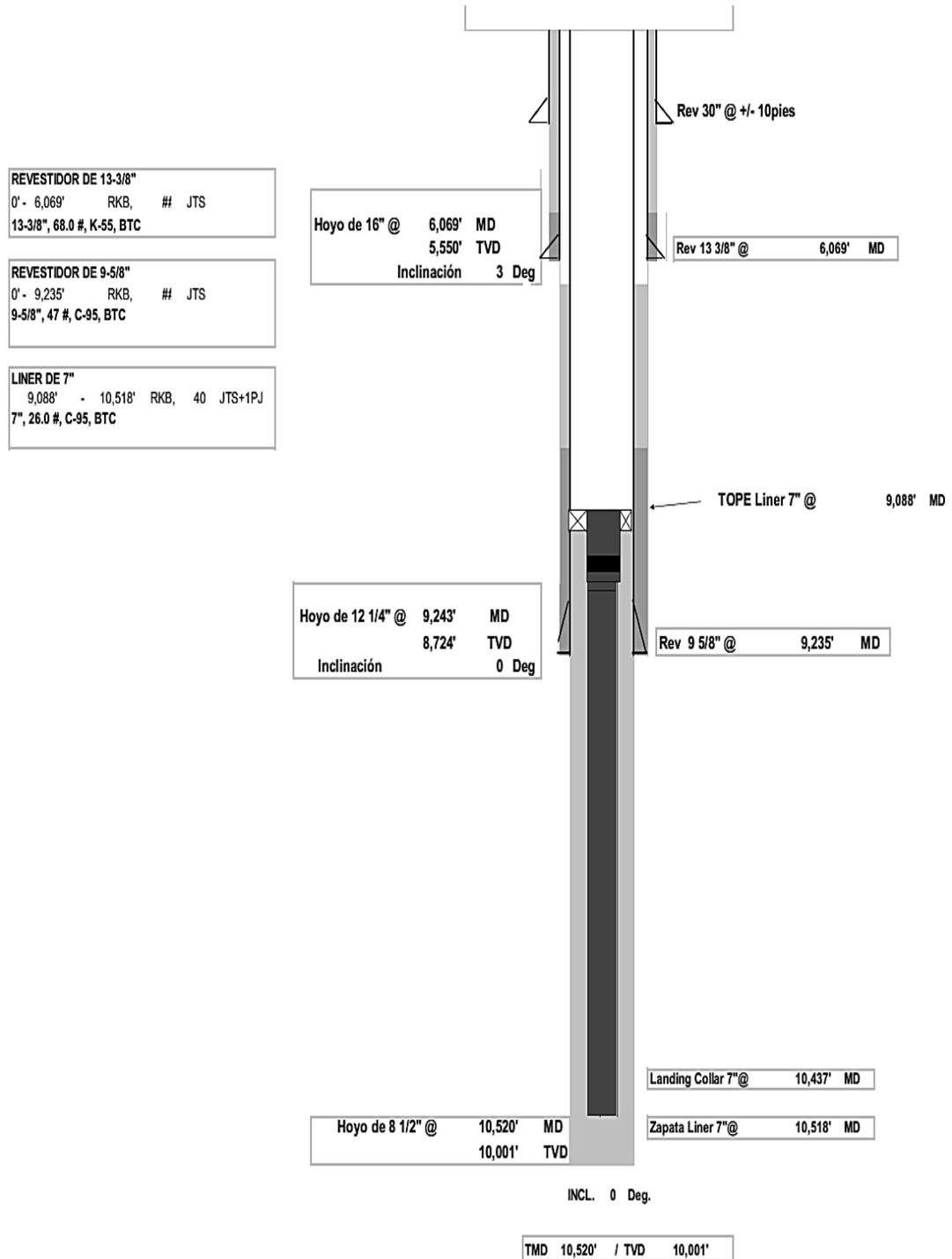


Fig. 39. Pozo Sacha – X10

Fuente: ARCH – Quito

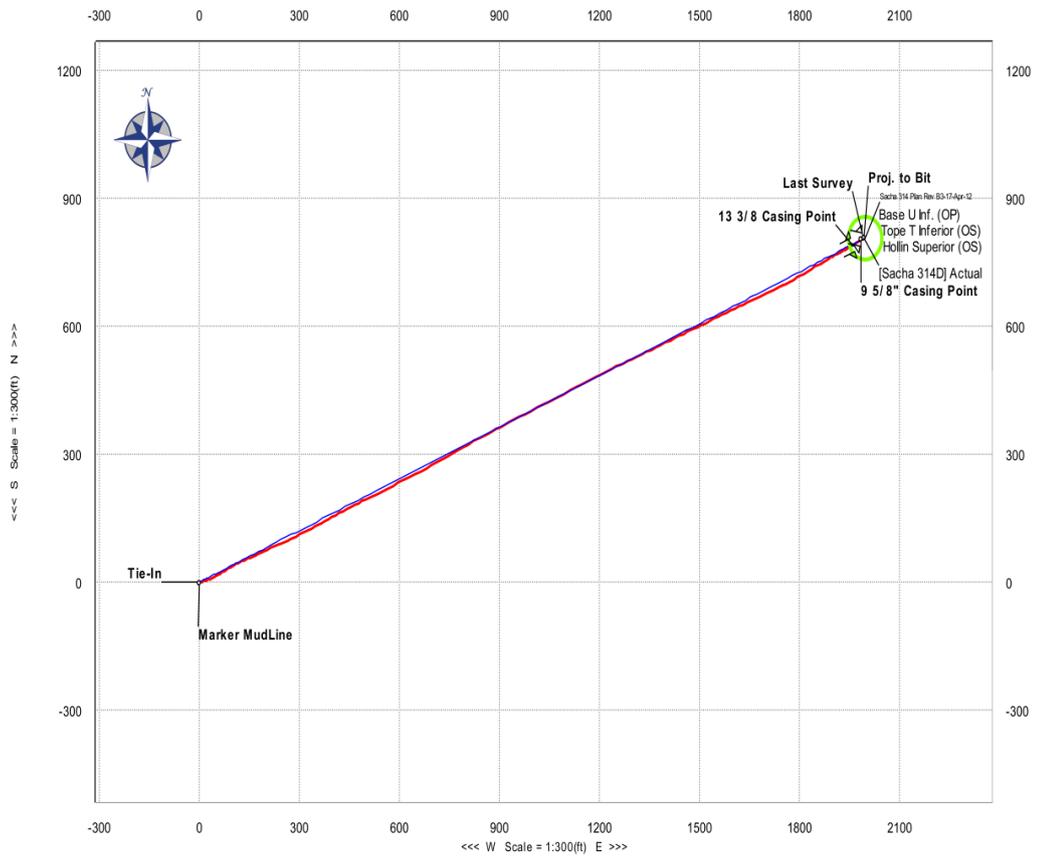


Gráfico N° 6. Plan vs Real Sacha – X10

Fuente: ARCH – Quito

2.7.7. Centro Oriente Sacha – X13

2.7.7.1. Datos generales:

Pad	Sacha
Pozo	Centro Oriente Sacha – X13
Campo Operadora	Rio Napo
Elevación del Terreno	856.1 ft
Elevación de la mesa rotaria	892 ft
Coordenadas de Superficie: Zona UTM18S	Norte: 9955638.640 m Este: 291762.950 m Latitud: S 0° 24' 4.07'' Longitud: W 76° 52' 15.64''
Coordenadas del Objetivo: “U Inferior”	Norte: 9955278.05 m Este: 292429.781 m Latitud: S 0° 24' 15.82'' Longitud: W 76° 52' 54.08''
Tipo de Pozo	Horizontal
Punto de Inicio de Desvío (KOP)	500 ft
Desplazamiento Horizontal	2486.79 ft
Profundidad Total	11405' MD/9516' TVD
Máxima inclinación	95.91° @ 11540' MD
Inicio de Perforación	10/07/ 2012 – 20h00
Fin de Operaciones de Perforación	23/08/ 2012 – 11h30

Tabla Nº 13. Datos Generales del Campo Centro Oriente Sacha – X13

Fuente: ARCH – Quito

Elaborado por: Gabriel Rodríguez y Tito Burgos

El pozo Centro-Oriente Sacha – X13 fue diseñado como un pozo productor de desarrollo para ser perforado en el Bloque Sacha, Campo Sacha, plataforma “Centro-Oriente Sacha – X31” Este pozo fue planeado como un pozo direccional tipo “H”. El objetivo principal fue la arenisca “U Inferior”.

Se iniciaron las operaciones de perforación el 10 de julio de 2012, a las 20:00 horas, y finalizó el 23 de agosto de ese año, a las 11:30 horas.

2.7.7.2. Esquema Mecánico Centro Oriente Sacha – X13

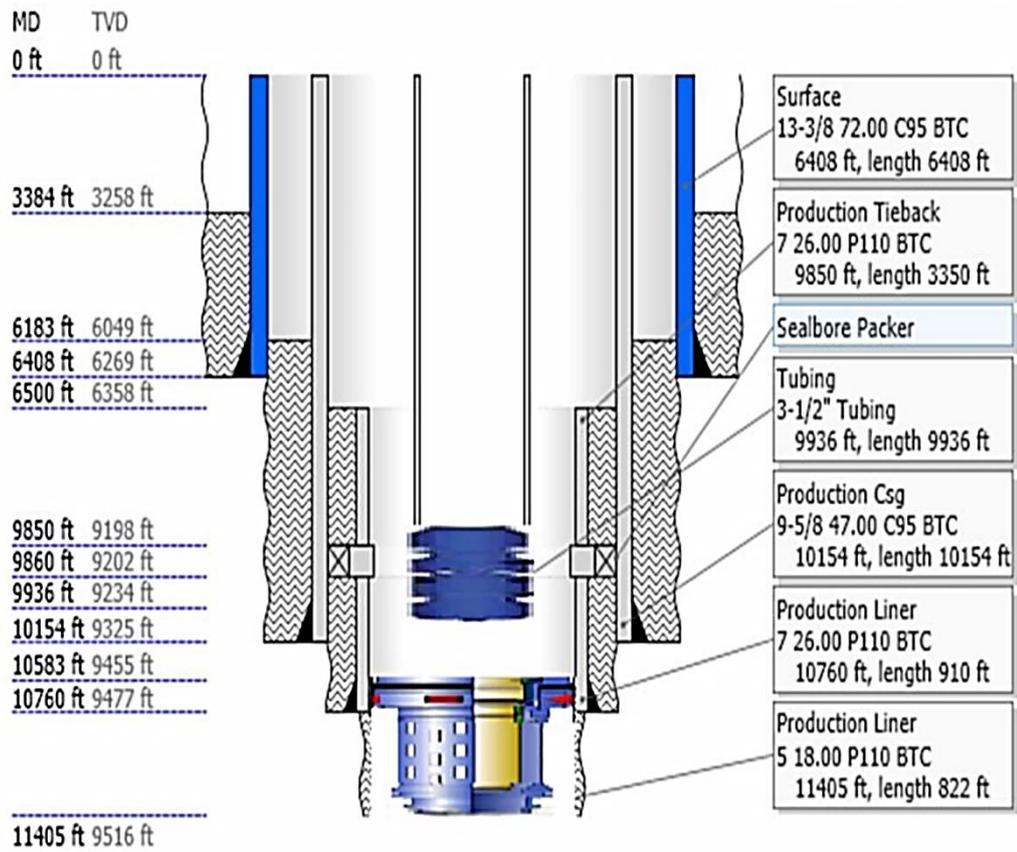
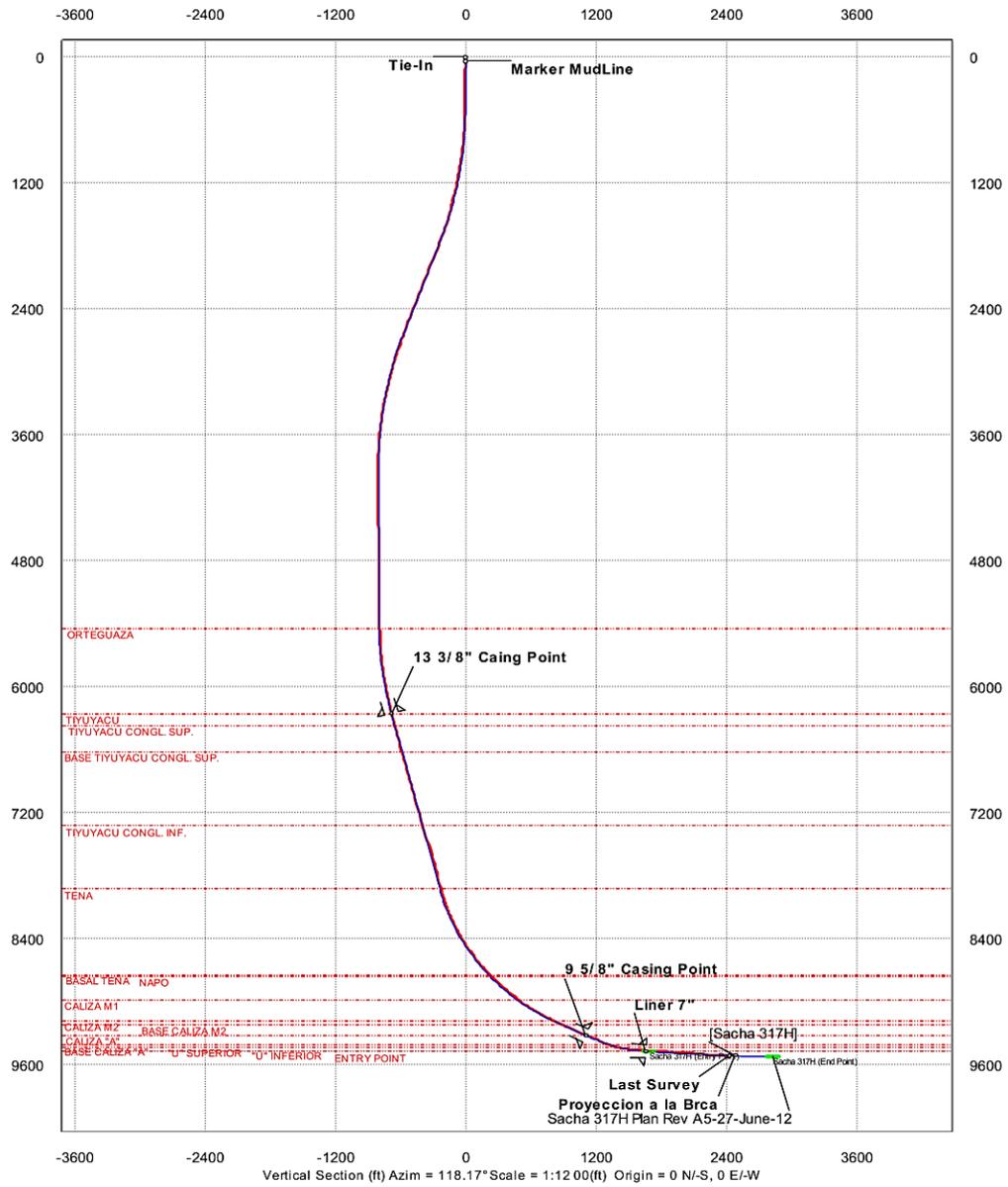


Fig. 40. Pozo Sacha – X13

Fuente: ARCH – Quito

2.7.7.3. Esquema Direccional Centro Oriente Sacha – X13



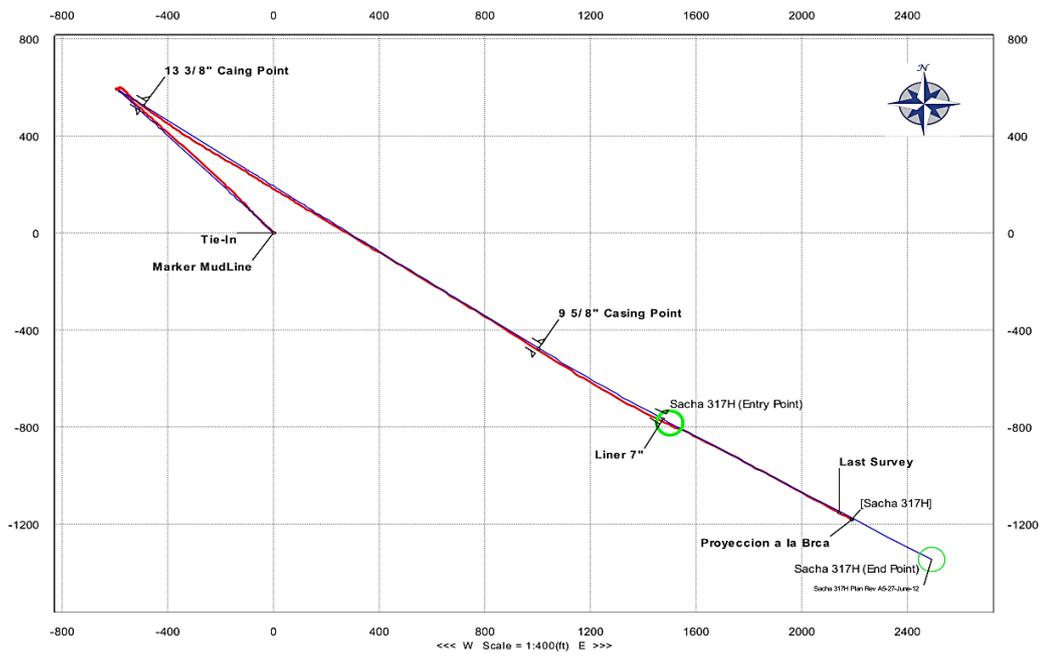


Gráfico N° 7. Plan vs Real Sacha – X13
Fuente: ARCH – Quito

2.7.8. Centro Oriente Shushufindi – X1

2.7.8.1. Datos Generales:

Pad	Shushufindi
Pozo	Centro Oriente Shushufindi – X1
Campo Operadora	Consortio Shushufindi S.A.
Elevación del Terreno	838.72ft
Elevación de la mesa rotaria	874.32 ft
Coordenadas de Superficie: Zona UTM18S	Norte: 9972470.76 m Este: 314674.53 m Latitud: S 0° 14' 56.25'' Longitud: W 76° 39' 54.67''
Coordenadas del Objetivo: “U Inferior” (Objetivo Principal) “U Superior” (Objetivo Secundario) “T Inferior” (Objetivo Secundario) “T Superior” (Objetivo Secundario)	Norte: 9955979.80 m Este: 289346.19 m Latitud: S 0° 14' 36.89'' Longitud: W 76° 39' 57.61''
Tipo de Pozo	Direccional Tipo “S” Modificado
Punto de Inicio de Desvío (KOP)	100 ft
Desplazamiento Horizontal	1973.79 ft
Profundidad Total	10080' MD/9610' TVD
Máxima Inclinación	32.25° @350.73 ' MD
Inicio de Perforación	09/07/ 2012 – 20h30
Fin de Operaciones de Perforación	04/08/ 2012 – 15h00

Tabla Nº 14. Datos Generales del Campo Centro Oriente Shushufindi – X1

Fuente: ARCH – Quito

Elaborado por: Gabriel Rodríguez y Tito Burgos

El pozo Centro-Oriente Shushufindi – X1 fue diseñado como un pozo de desarrollo para ser perforado en el Bloque Sacha, Campo Sacha, plataforma “Centro Oriente Sacha – X38” Este pozo fue planeado como un pozo direccional tipo “S”. El fin fue recuperar reservas remanentes del reservorio “U Inferior” que es objetivo principal, y de los “U Superior, T Inferior y T Superior” que son los objetivos secundarios.

Se iniciaron las operaciones de perforación el 09 de julio de 2012, a las 20:30 horas, y finalizó el 04 de agosto 2012, a las 15:00 horas.

2.7.8.2. Esquema Mecánico Centro Oriente Shushufindi – X1

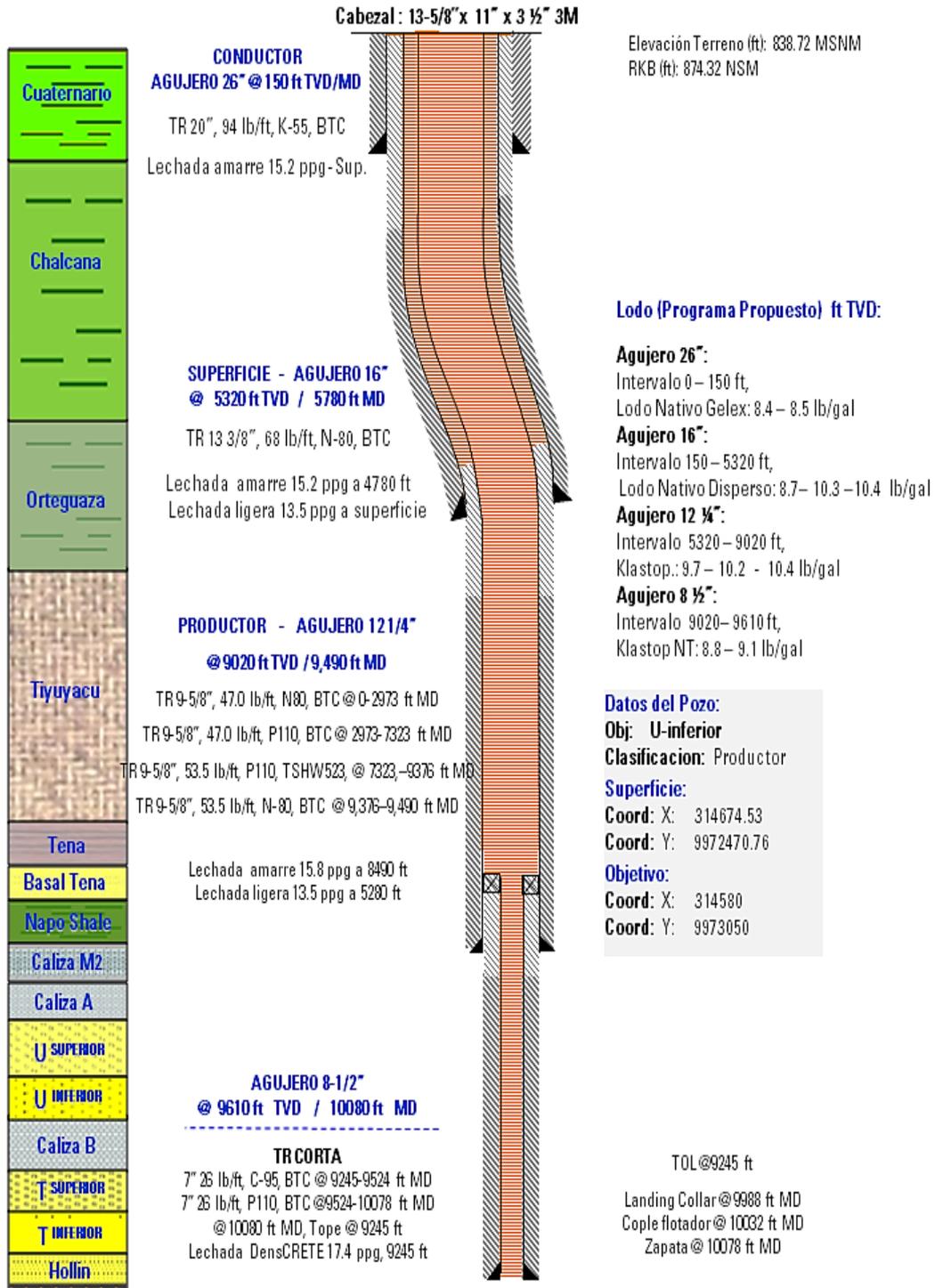
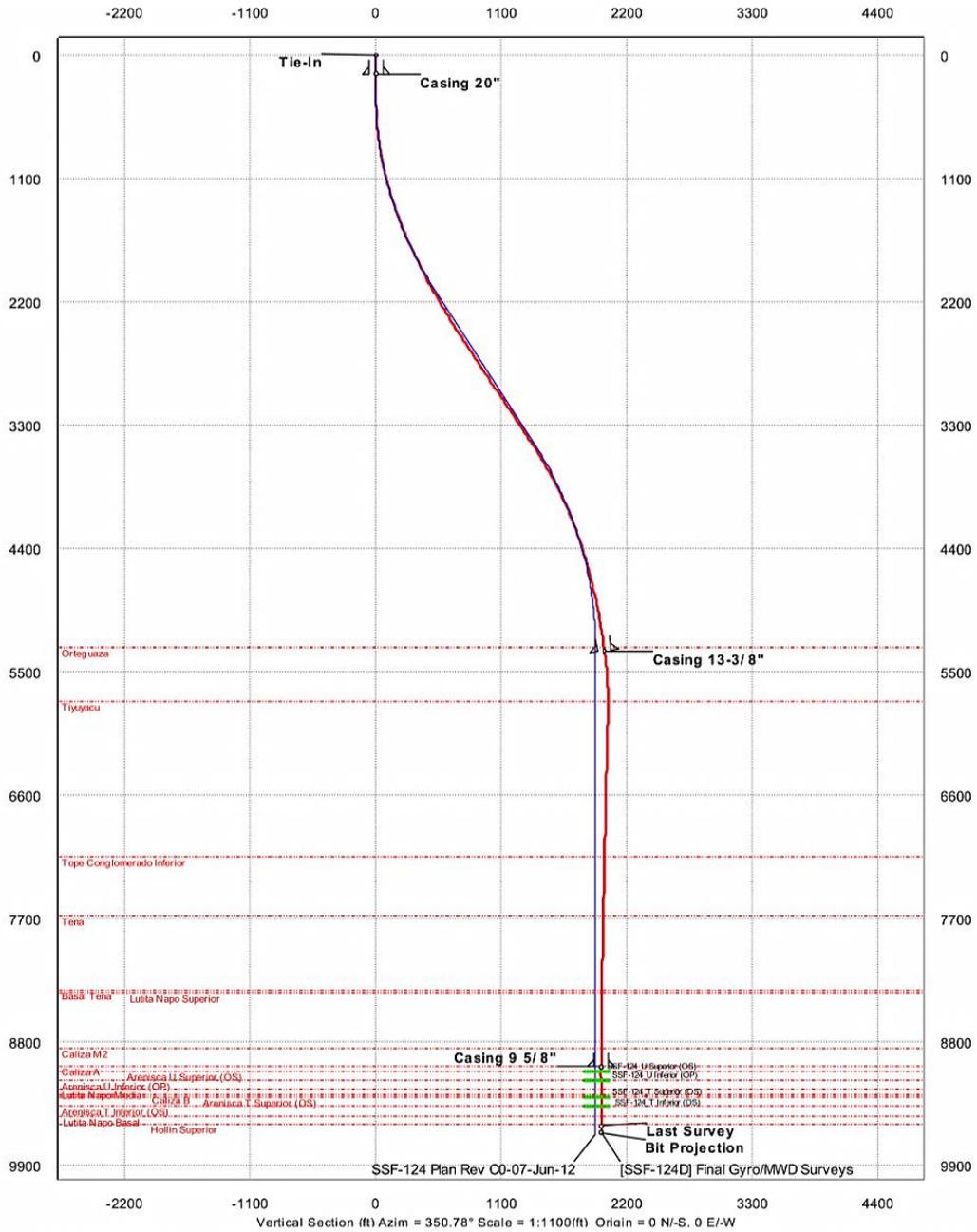


Fig. 41. Pozo Shushufindi – X1

Fuente: ARCH – Quito

2.7.8.3. Esquema Direccional Centro Oriente Shushufindi – X1



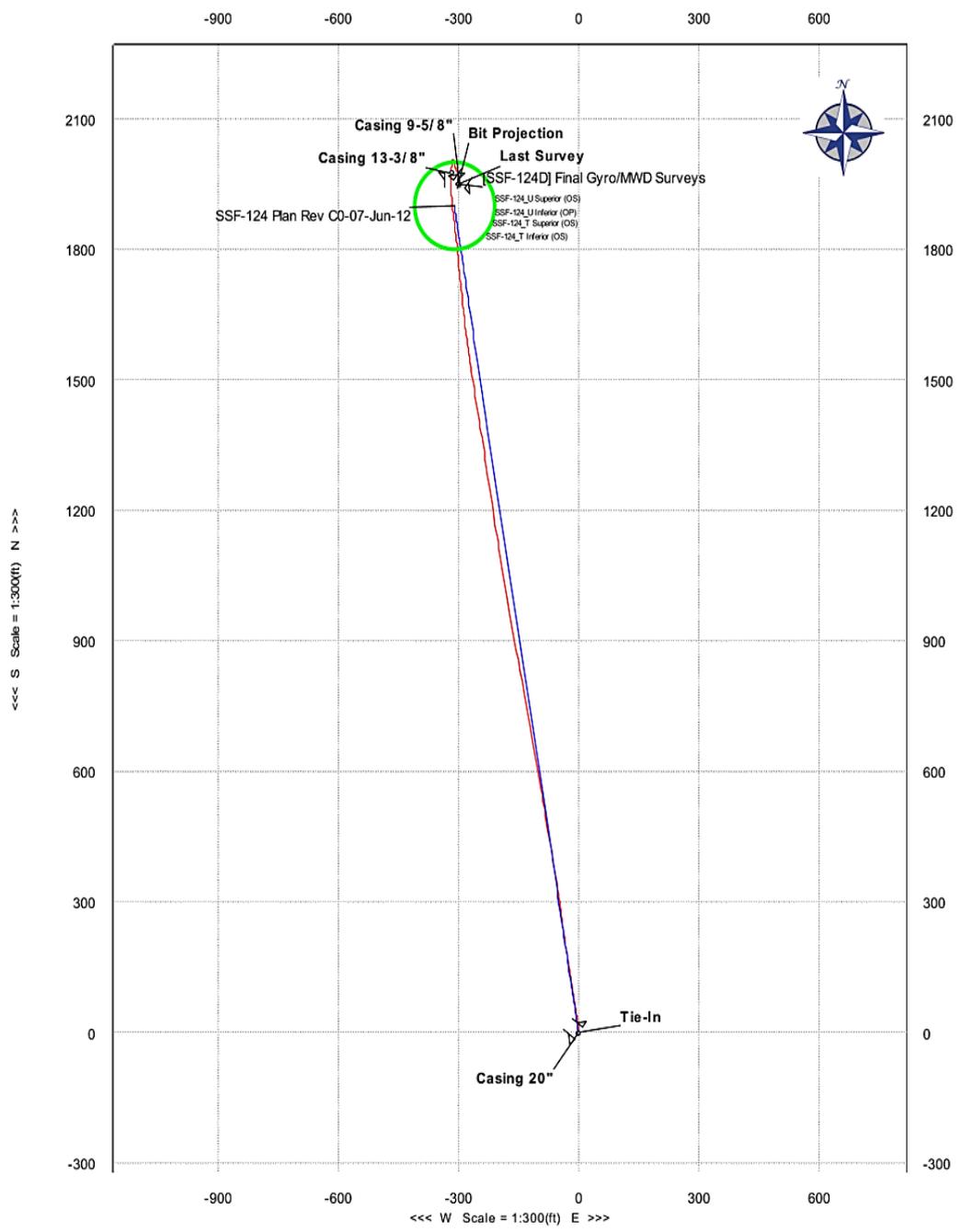


Gráfico N° 8. Plan vs Real Shushufindi – X1

Fuente: ARCH – Quito

2.7.9. Centro Oriente Shushufindi – X2

2.7.9.1. Datos Generales:

Pad	Shushufindi
Pozo	Centro Oriente Shushufindi – X2
Campo Operadora	Consorcio Shushufindi S.A
Elevación del Terreno	836.17ft
Elevación de la mesa rotaria	872.52 ft
Coordenadas de Superficie: Zona UTM18S	Norte: 9978885.81 m Este: 315756.22 m Latitud: S 0° 11' 27.40'' Longitud: W 76° 39' 19.67''
Coordenadas del Objetivo: “T Inferior”	Norte: 9978762.67 m Este: 315756.22 m Latitud: S 0° 11' 31.45'' Longitud: W 76° 39' 35.82''
Tipo de Pozo	Direccional Tipo “S”
Punto de Inicio de Desvío (KOP)	504 ft
Desplazamiento Horizontal	1160 ft
Profundidad Total	9950´MD/9621´ TVD
Máxima Inclinación	28.38° @ 3766 ´ MD
Inicio de Perforación	24/12/ 2012 – 14h30
Fin de Operaciones de Perforación	17/02/ 2013 – 17h00

Tabla Nº 15. Datos Generales del Campo Centro Oriente Shushufindi – X2

Fuente: ARCH – Quito

Elaborado por: Gabriel Rodríguez y Tito Burgos

El pozo Centro-Oriente Shushufindi – X2 fue diseñado como un pozo de desarrollo para ser perforado en el bloque Shushufindi, Campo Shushufindi, Plataforma SHS – 10B. Este pozo fue planeado como un pozo direccional tipo “S”. El objetivo principal fue la arenisca “T Inferior”.

Se iniciaron las operaciones de perforación el 24 de diciembre de 2012, a las 14:30 horas, y finalizó el 17 de febrero 2013, a las 17:00 horas.

2.7.9.2. Esquema Mecánico Centro Oriente Shushufindi – X2

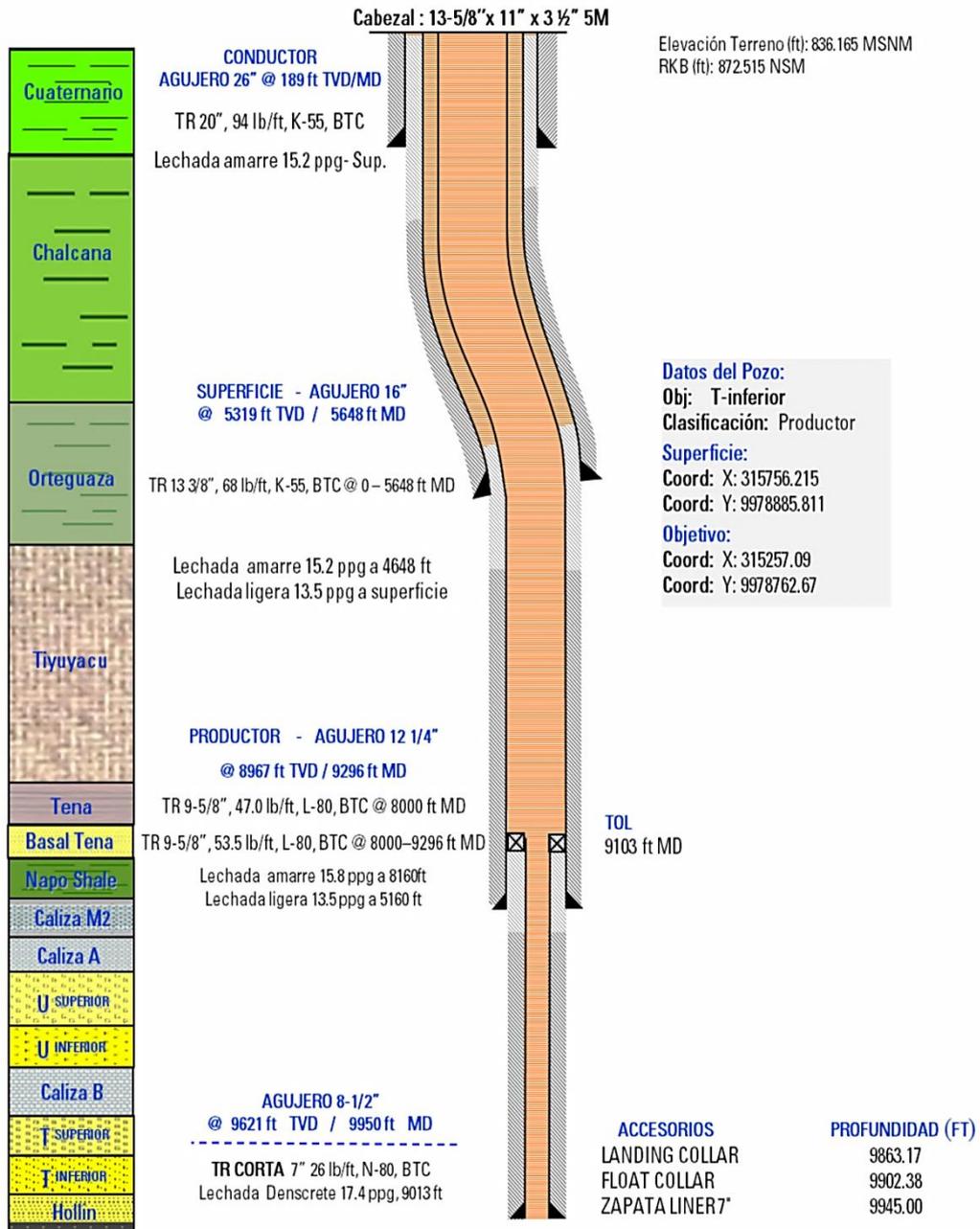
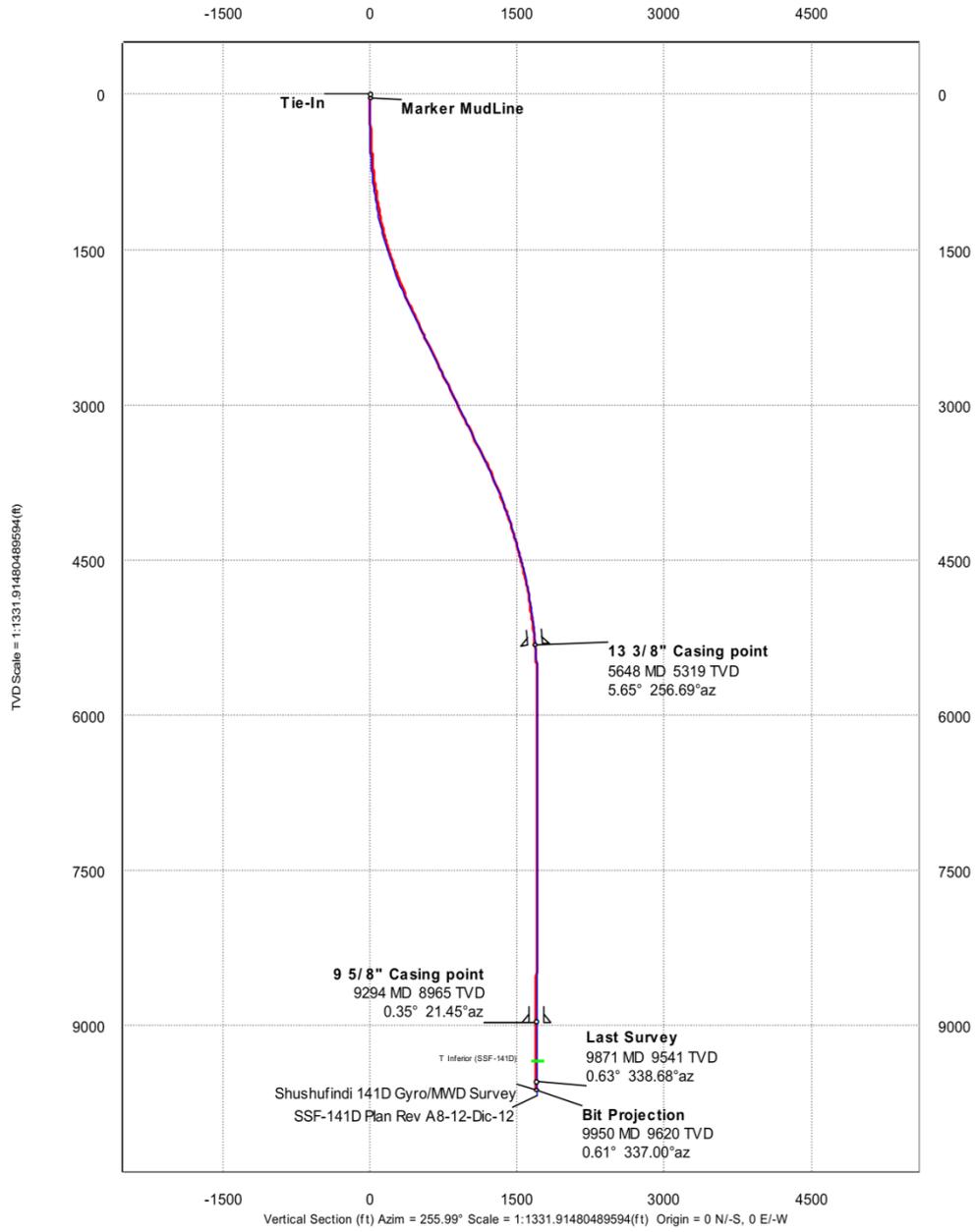


Fig. 42. Pozo Shushufindi – X2

Fuente: ARCH – Quito

2.7.9.3. Esquema Direccional Centro Oriente Shushufindi – X2



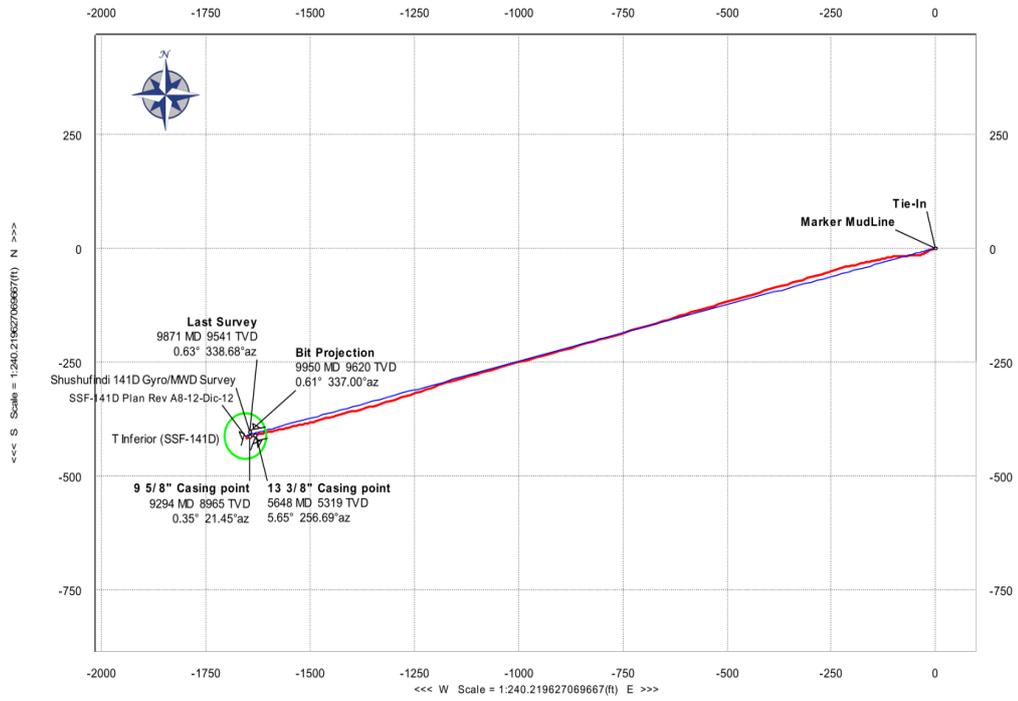


Gráfico N° 9. Plan vs Real Shushufindi – X2

Fuente: ARCH – Quito

2.7.10. Centro Oriente Shushufindi – X9

2.7.10.1. Datos Generales:

Pad	Shushufindi
Pozo	Centro Oriente Shushufindi – X9
Campo Operadora	Consorcio Shushufindi S.A
Elevación del Terreno	847.49 ft
Elevación de la mesa rotaria	884.09 ft
Coordenadas de Superficie: Zona UTM18S	Norte: 9977211.66 m Este: 317564.91 m Latitud: S 0° 12' 21.91'' Longitud: W 76° 38' 21.19''
Coordenadas del Objetivo: “T Inferior” “U Inferior”	Norte: 9977097.68 m Este: 317162.16 m Latitud: S 0° 12' 34.21'' Longitud: W 76° 38' 34.21''
Tipo de Pozo	Direccional Tipo “S”
Punto de Inicio de Desvío (KOP)	1100 ft
Desplazamiento Horizontal	1372.8 ft
Profundidad Total	9859 MD/8839' TVD
Máxima inclinación	19.4° @ 2676.88' MD
Inicio de Perforación	09/10/ 2013 – 14h00
Fin de Operaciones de Perforación	06/11/ 2013 – 13h00

Tabla Nº 16. Datos Generales del Campo Centro Oriente Shushufindi – X9

Fuente: ARCH – Quito

Elaborado por: Gabriel Rodríguez y Tito Burgos

El pozo Centro-Oriente Shushufindi – X9 fue diseñado como un pozo productor de desarrollo para ser perforado en el Campo Shushufindi. Este pozo fue planteado como uno tipo direccional “S”. El objetivo principal fueron las areniscas “U Inferior” “T Inferior”.

Se iniciaron las operaciones de perforación el 09 de octubre de 2013, a las 14:00 horas, y finalizó el 06 de noviembre del mismo año, a las 13:00 horas.

2.7.10.2. Esquema Mecánico Centro Oriente Shushufindi – X9

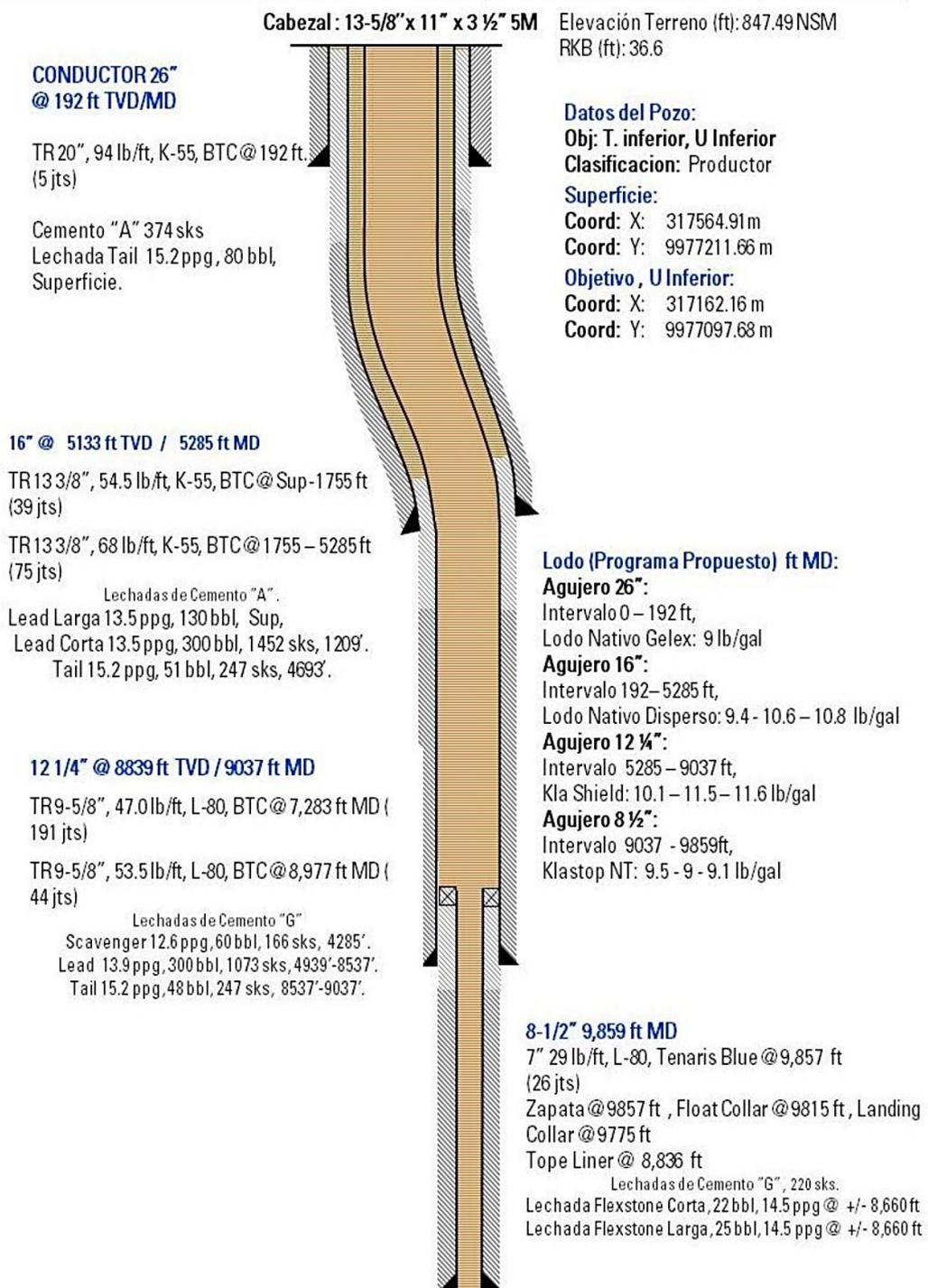
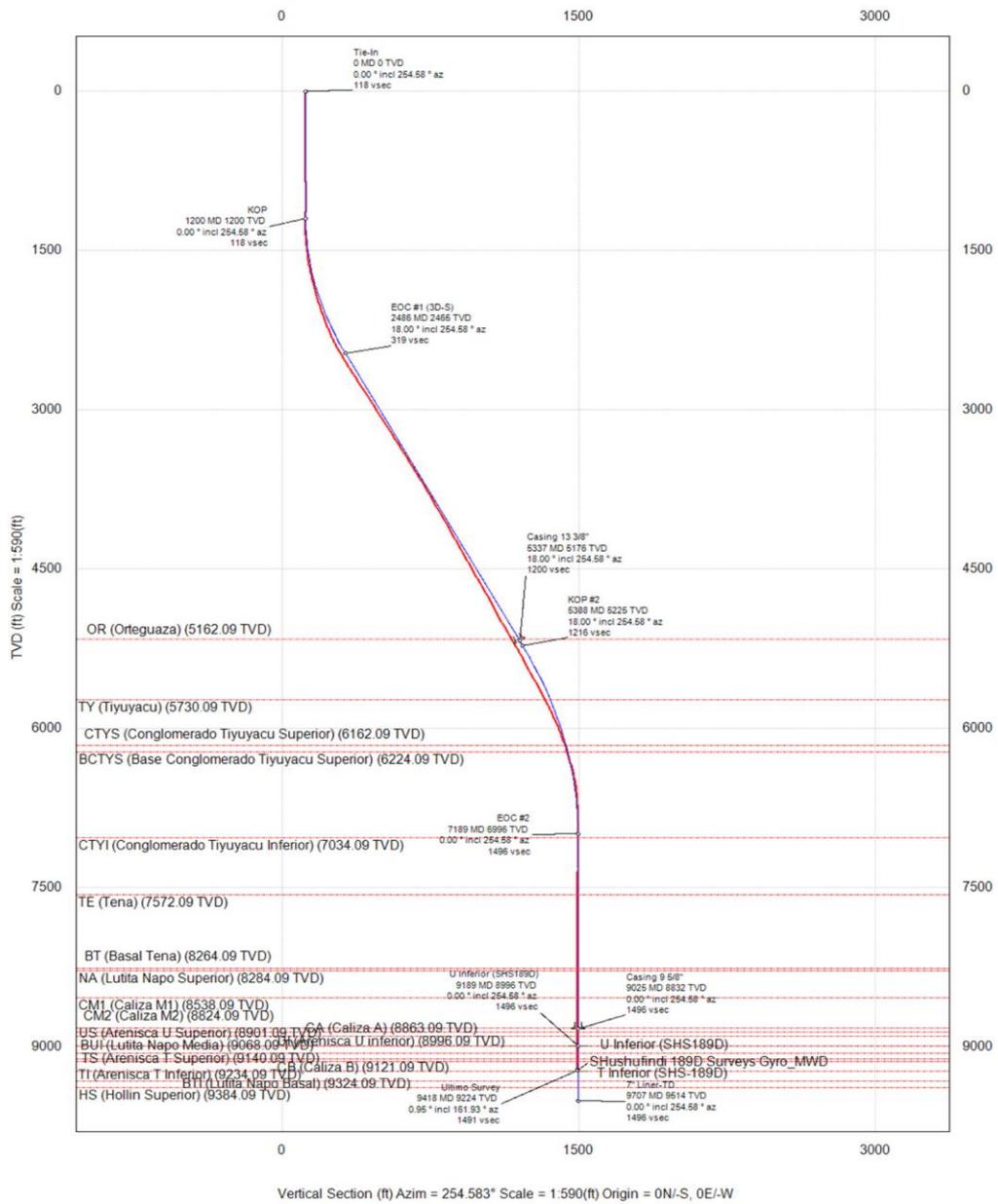


Fig. 43. Pozo Shushufindi – X9

Fuente: ARCH – Quito

2.7.10.3. Esquema Direccional Centro Oriente Shushufindi – X9



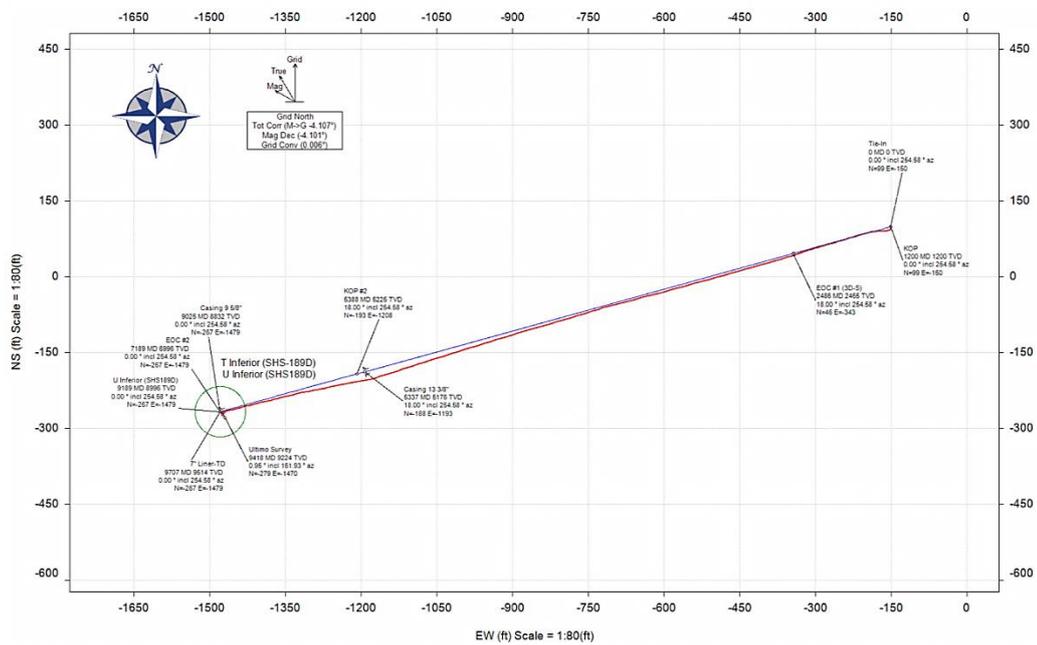


Gráfico N° 10. Plan vs Real Sacha – X9

Fuente: ARCH – Quito

CAPÍTULO III
INTERPRETACIÓN DE DATOS

3. INTERPRETACIÓN DE DATOS

3.1. INTERPRETACIÓN DE DATOS DE LAS BROCAS UTILIZADAS EN CADA SECCIÓN DE LOS POZOS PORFORADOS EN EL CENTRO ORIENTE ECUATORIANO

Para el estudio de este proyecto se tomará la información correspondiente a los campos Sacha y Shushufindi, de los pozos previamente seleccionados, en sus diferentes secciones, ya que se utilizaron diferentes tipos y características de brocas en la perforación de los diversos pozos valorados, en el Centro-Oriente de la Amazonia.

Se especificará a continuación los parámetros técnicos, recomendaciones, comentarios e información de cada broca utilizada, resaltando los problemas que ocurren en los respectivos intervalos de zonas a perforar, basados en los reportes entregados de los diferentes campos de los pozos perforados en el Centro-Oriente de la Amazonia ecuatoriana como resultado la evaluación técnica del rendimiento de las brocas en cada una de las secciones.

3.2. INFORMACIÓN DE POZOS

3.2.1. Campo Centro Oriente Sacha – X2

3.2.1.1 Sección Superficial, Broca # 1 Tricónica 26” GTX – CG1 (S/N: 5199777)

Arma BHA # 1 con broca #1 de 26” tricónica GTX – CG1, se inicia la perforación desde 0 ft y llega hasta 300 ft.

Los parámetros utilizados fueron:

RPM: 100 rpm; GPM: 400 gpm; Presión: 220 psi, WOB: 2-12 klbs;
Torque: 3 Klbs/ft; MW: 8.8 ppg.

Observaciones:

La broca salió en calibre con sus conos efectivos y presentó desgaste normal en su estructura de corte.

**3.2.1.2. Sección Superficial, Broca # 2 PDC 16" HCD605
(S/N: 7024791)**

Arma BHA # 2 con broca # 2 de 16" PDC de tipo HCD605, la perforación va desde 300ft hasta 633 ft.

Los parámetros utilizados fueron:

RPM: 252 rpm; GPM: 700 gpm; Presión: 1300 psi, WOB: 4-10 klbs;
Torque: 3 Klbs/ft; MW: 9 ppg.

Observaciones:

La broca salió en calibre y no presenta desgaste en su estructura de corte.

**3.2.1.3. Sección Superficial, Broca # 2R PDC 16" HCD605
(S/N: 7024791)**

Arma BHA # 3 con broca # 2R 16" HCD605, la perforación inicia desde 633 ft hasta 4881 ft.

Los parámetros utilizados fueron:

RPM: 230 rpm; GPM: 1000 gpm; Presión: 3900 psi, WOB: 6-20 klbs;
Torque: 12 Klbs/ft; MW: 10.4 ppg.

Observaciones:

La broca salió en calibre y no presentó desgaste en su estructura de corte, se amplió el TFA, según programa de perforación, y se continuó perforando con la misma broca.

**3.2.1.4. Sección Superficial, Broca # 2 RR PDC 16" HCD605
(S/N: 7024791)**

Arma BHA # 4 con broca # 2RR 16" HCD605, se perfora desde 4881 ft y termina en 5770 ft.

Los parámetros utilizados fueron:

RPM: 222 rpm; GPM: 950 gpm; Presión: 3900 psi, WOB: 22-28 klbs;
Torque: 15 Klbs/ft; MW: 10.6 ppg.

Observaciones:

La broca salió en calibre y presentó características de desgaste normal en su estructura de corte (WT).

**3.2.1.5. Sección Intermedia, Broca # 3 PDC 12 ¼" HCD605X
(S/N: 7024691)**

Arma BHA # 5 con broca # 3, 12 ¼" HCD605X, la perforación inicia desde 5770 ft hasta 7447 ft.

Los parámetros utilizados fueron:

RPM: 241 rpm; GPM: 850 gpm; Presión: 3900 psi, WOB: 12-40 klbs;
Torque: 18 Klbs/ft; MW: 9.9 ppg.

Observaciones:

Ya en superficie la broca muestra un desgaste normal en su estructura de corte.

**3.2.1.6. Sección Intermedia, Broca # 4 PDC 12 ¼” HCD605SZ
(S/N: 7015673)**

Arma BHA # 6 con broca # 4, 12 ¼” HCD605SZ, se perfora desde 7447 ft hasta 8309 ft.

Los parámetros utilizados fueron:

RPM: 241 rpm; GPM: 850 gpm; Presión: 3900 psi, WOB: 12-40 klbs;
Torque: 18 Klbs/ft; MW: 10 ppg.

Observaciones:

Una vez en la superficie la broca muestra un desgaste en calibre y la estructura de corte un desgaste normal.

**3.2.1.7. Sección Intermedia, Broca # 5 Tricónica 12 ¼” MXL-20
(S/N: 5197638)**

Arma BHA # 7 con broca #5, 12 ¼” Tricónica MXL-20, la perforación se inicia desde 8309 ft y llega hasta 8699 ft.

Los parámetros utilizados fueron:

RPM: 235 rpm; GPM: 750 gpm; Presión: 3800 psi, WOB: 20-40 klbs;
Torque: 16 Klbs/ft; MW: 10.1 ppg.

Observaciones:

En la superficie la broca muestra un desgaste normal en su estructura de corte (WT), con sus conos efectivos.

**3.2.1.8. Sección Intermedia, Broca # 6 PDC 12 ¼" HC604S
(S/N: 7014298)**

Arma BHA # 8 con broca #6, 12 ¼" HC604S, la perforación arranca desde 8699 ft hasta 8933 ft.

Los parámetros utilizados fueron:

RPM: 235 rpm; GPM: 750 gpm; Presión: 3800 psi, WOB: 20-40 klbs;
Torque: 16 Klbs/ft; MW: 10.2 ppg.

Observaciones:

En la superficie la broca muestra un desgaste normal en su estructura de corte.

**3.2.1.9. Sección Intermedia, Broca # 7 PDC 12 ¼" HCM605Z
(S/N: 7900178)**

Arma BHA # 9 con broca # 7, 12 ¼" HCM605Z, la perforación se inicia desde 8933 ft hasta 9939 ft.

Los parámetros utilizados fueron:

RPM: 232 rpm; GPM: 740 gpm; Presión: 4000 psi, WOB: 8-40 klbs;
Torque: 20 Klbs/ft; MW: 10.4 ppg.

Observaciones:

Una vez en la superficie la broca muestra un desgaste normal en su estructura de corte.

**3.2.1.10. Sección de Producción, Broca # 8 PDC 8 ½” HCM506Z
(S/N: 7304588)**

Arma BHA # 10 con broca# 8, 8 ½” HCM506Z, inicia la perforación en 9939 ft y termina en 11710 ft.

Los parámetros utilizados fueron:

RPM: 188 rpm; GPM: 420 gpm; Presión: 2300 psi, WOB: 10-22 klbs;
Torque: 22 Klbs/ft; MW: 9.8 ppg.

Observaciones:

En superficie muestra desgaste normal en su estructura de corte con presencia de cortadores astillados.

Campo Centro Oriente Sacha – X2		
 <p>26" 5199777 GTX-CG1</p>	 <p>16" HCD605 7024791</p>	 <p>16" HCD605 7024791</p>
<p>Broca # 1 - 26” Tricónica GTX – CG1</p>	<p>Broca # 2 - 16” PDC HCD605</p>	<p>Broca # 2-R 16” PDC HCD605</p>
 <p>16" HCD605 7024791</p>	 <p>12.25" HCD605X 7024691</p>	 <p>12 1/4" HC605SZ 7015673</p>
<p>Broca # 2-RR 16” PDC HCD605</p>	<p>Broca # 3 - 12 1/4” PDC HCD605X</p>	<p>Broca # 4 - 12 1/4” PDC HCD605SZ</p>

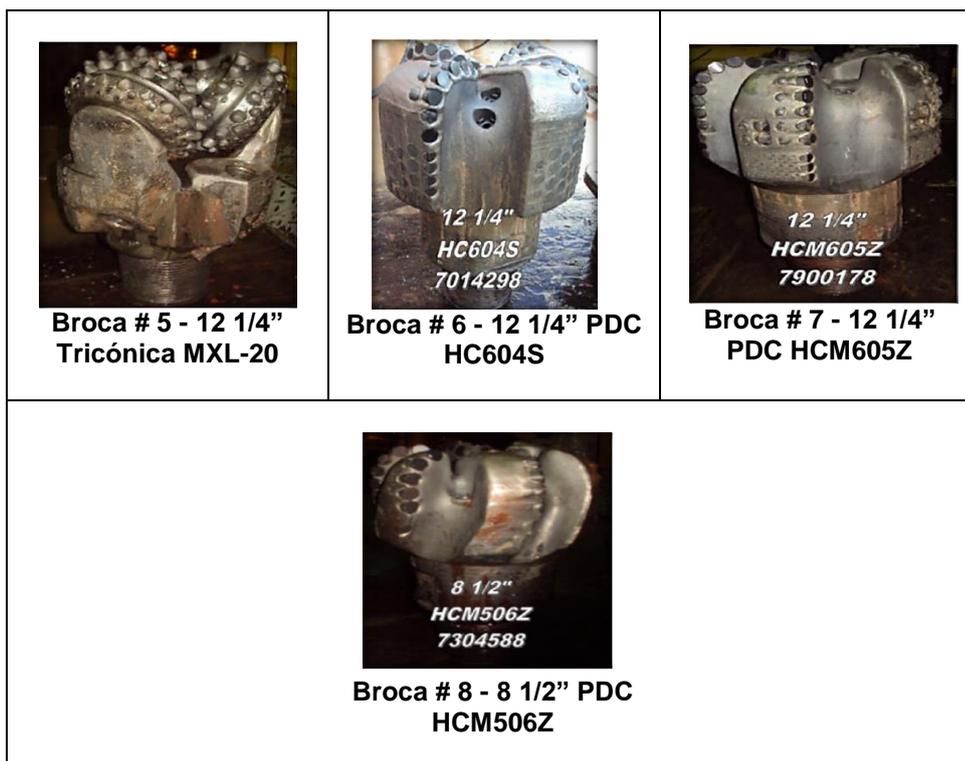


Fig. 44. Brocas usadas en el campo Centro Oriente Sacha-X2

Fuente: ARCH – Quito

3.2.2. Campo Centro Oriente Sacha – X3

3.2.2.1. Sección Superficial, Broca # 1 Tricónica 16” GTX-CG1 (S/N: 5218227)

Arma BHA # 1 con broca 16” tricónica GTX –CG1, se inicia la perforación desde 0 ft hasta 1101 ft.

Los parámetros utilizados fueron:

RPM: 80 rpm; GPM: 480 gpm; Presión: 650 psi, WOB: 2-22 klbs;
Torque: 1-5 Klbs/ft; MW: 8.7 ppg.

Observaciones:

Al momento que se sacó la broca del hoyo se observó que su diámetro nominal no perdió calibre, sus conos presentaron sus sellos efectivos y no se observó desgaste en toda su estructura de corte (NO).

**3.2.2.2. Sección Superficial, Broca # 2 PDC 16" HCD605S
(S/N: 7017262)**

Arma BHA # 2 con broca PDC 16" HCD605S, se inicia la perforación desde 1101 ft hasta 4011 ft.

Los parámetros utilizados fueron:

RPM: 248 rpm; GPM: 990 gpm; Presión: 4000 psi, WOB: 14-35 klbs;
Torque: 4-18 Klbs/ft; MW: 10.1 ppg.

Observaciones:

La broca en superficie no presentó desgaste (NO) en toda su estructura de corte.

**3.2.2.3. Sección Intermedia, Broca # 3 PDC 12 ¼" HCD605X
(S/N: 7019843)**

Arma BHA # 3 con broca PDC 12 ¼" HCD605X, se inicia la perforación en 4011 ft y llega hasta 7890 ft.

Los parámetros utilizados fueron:

RPM: 263 rpm; GPM: 900 gpm; Presión: 3900 psi, WOB: 2-36 klbs;
Torque: 4-20 Klbs/ft; MW: 10.1 ppg.

Observaciones:

Al momento de salir la broca a la superficie se observó que mantiene su Gauge en calibre, en su estructura de corte presentó cortadores

desgastados (WT) y algunos dientes cortadores desgastados (CT) en la parte externa.

3.2.2.4. Sección Intermedia, Broca # 4 Tricónica 12 ¼" MXL-20 (S/N: 5214281)

Arma BHA # 4 con broca Tricónica 12 ¼" MXL-20, se inicia la perforación desde 7890 ft hasta 8358 ft.

Los parámetros utilizados fueron:

RPM: 245 rpm; GPM: 750 gpm; Presión: 3900 psi, WOB: 20-40 klbs;
Torque: 9-14 Klbs/ft; MW: 10.5 ppg.

Observaciones:

Al momento que se sacó la broca a superficie presentó desgaste en su diámetro nominal en sus conos presentaron sus sellos efectivos y en su estructura de corte interna y externa se observó sus insertos desgastados (WT) en la escala de 1 y 2.

3.2.2.5. Sección de Producción, Broca # 5 PDC 8 ½" HCD506Z (S/N: 7127904)

Arma BHA # 5 con broca 8 ½" HCD506Z, la perforación inicia desde 8358 ft hasta 9270 ft.

Los parámetros utilizados fueron:

RPM: 225 rpm; GPM: 440 gpm; Presión: 2600 psi, WOB: 10-20 klbs;
Torque: 12-23 Klbs/ft; MW: 9.7 ppg.

Observaciones:

Al momento de sacar la broca del hoyo a la superficie presentó en su estructura de corte interna y externa no se observó cortadores

desgastados (NO). La broca se encontró en un buen estado por tal razón fue utilizada en una segunda corrida.

3.2.2.6 Sección de Producción, Broca # 6 PDC 8 ½” LC-104 (S/N: 504318)

Arma BHA # 6 con broca PDC 8 ½” LC-104, inició con las operaciones para la toma de núcleos en la zona de interés, se realizó la toma del núcleo desde 9270 ft hasta de 9302 ft.

Los parámetros utilizados fueron:

RPM: 60 rpm; GPM: 260 gpm; Presión: 750 psi, WOB: 8-20 klbs;
Torque: 10-14 Klbs/ft; MW: 9.7 ppg.

Observaciones:

Al momento de sacar la broca a la superficie se verificó que mantiene su diámetro nominal.

3.2.2.7. Sección de Producción, Broca # 5R PDC 8 ½” HCD506Z (S/N: 7127904)

Arma BHA # 7 con broca PDC 8 ½” HCD506Z, se inicia la perforación desde 9302ft hasta 10712ft.

Los parámetros utilizados fueron:

RPM: 205 rpm; GPM: 380 gpm; Presión: 2400 psi, WOB: 5-20 klbs;
Torque: 12-21 Klbs/ft; MW: 9.8 ppg.

Observaciones:

Al momento de evaluar la broca en superficie se verificó que mantiene su diámetro nominal, en su estructura de corte interna y externa se observó cortadores desgastados (WT) en la escala de 1.

Campo Centro Oriente Sacha – X3		
 <p>16" GTX-CG1 5218227</p>	 <p>16" HCD605S 7017262</p>	 <p>12 1/4" HCD605X 7019843</p>
<p>Broca # 1 - Tricónica 16" GTX-CG1</p>	<p>Broca # 2 - PDC 16" HCD605S</p>	<p>Broca # 3 - 12 1/4" PDC HCD605X</p>
 <p>12 1/4" MXL-20 5214281</p>	 <p>8 1/2" HCD506Z 7127904</p>	
<p>Broca # 4 - Tricónica 12 1/4" MXL-20</p>	<p>Broca # 5 - PDC 8 1/2" HCD506Z</p>	<p>Broca # 6 - PDC 8 1/2" LC-104</p>
 <p>8 1/2" HCD506Z 7127904</p> <p>Broca # 5R - PDC 8 1/2" HCD506Z</p>		

Fig. 45. Brocas usadas en el campo Centro Oriente Sacha-X3

Fuente: ARCH – Quito

3.2.3. Campo Centro Oriente Sacha – X5

3.2.3.1. Sección Superficial, Broca # 1 Tricónica 16” MX-1 (S/N: 6060987)

Se inició con el ensamblaje del BHA convencional # 1 con la broca tricónica de 16” MX-1 con el cual se perforó desde 0 ft hasta 920 ft.

Los parámetros utilizados fueron:

RPM: 80 rpm; GPM: 1000 gpm; Presión: 1950 psi, MW: 9 ppg, WOB: 4-20 klbs; Torque: 4 Klbs/ft.

Observaciones:

La broca tricónica en superficie presentó desgaste normal en su superficie, además mostró desgaste normal en su estructura de corte interna (1) y externa (1), en calibre, sus conos efectivos.

3.2.3.2. Sección Superficial, Broca # 2 PDC 16” HCD604 (S/N: 7028625)

Se inició con el ensamblaje del BHA convencional # 2 con la broca PDC de 16” HCD604 con el cual se perforó desde 920 ft hasta 5728 ft.

Los parámetros utilizados fueron:

RPM: 220 rpm; GPM: 1000 gpm; Presión: 3300 psi, MW: 10 ppg, WOB: 4-30 klbs; Torque: 20 Klbs/ft.

Observaciones:

La broca en superficie no presentó ningún tipo de desgaste.

**3.2.3.3. Sección Intermedia, Broca # 3 PDC 12 ¼" HCD605X
(S/N: 7029637)**

Se inició con el ensamblaje del BHA convencional # 3 con la broca PDC 12 ¼" HCD605X con el cual se perforó desde 5728 ft hasta 7962 ft.

Los parámetros utilizados fueron:

RPM: 219 rpm; GPM: 920 gpm; Presión: 3900 psi, MW: 10.5 ppg, WOB: 6-25 klbs; Torque: 22 Klbs/ft.

Observaciones:

En superficie la broca presentó un desgaste normal en su estructura de corte, adicional se evidenció la pérdida de tres cortadores (LT) dientes perdidos.

**3.2.3.4. Sección Intermedia, Broca # 4 PDC 12 ¼" HC604S
(S/N: 7014298)**

Se inició con el ensamblaje del BHA convencional # 4 con la broca PDC 12 ¼" HC604S con el cual se perforó desde 7962 ft hasta 8944 ft.

Los parámetros utilizados fueron:

RPM: 248 rpm; GPM: 760 gpm; Presión: 3700 psi, MW: 10.8 ppg, WOB: 14-22 klbs; Torque: 22 Klbs/ft.

Observaciones:

La broca en superficie no presentó ningún tipo de desgaste.

**3.2.3.5. Sección de Producción, Broca # 5 PDC 8 ½" HCD506Z
(S/N: 7128395)**

Se inició con el ensamblaje del BHA convencional # 5 con la broca PDC 8 ½" HCD506Z con el cual se perforó desde 8944 ft hasta 9965 ft.

Los parámetros utilizados fueron:

RPM: 218 rpm; GPM: 420 gpm; Presión: 2200 psi, MW: 9.9 ppg, WOB: 14-22 klbs; Torque: 22 Klbs/ft.

Observaciones:

Ya en superficie la broca presentó un desgaste normal en su estructura de corte, adicional se evidenció cortadores rotos.

**3.2.3.6. Sección de Producción, Broca # 6 PDC 8 ½" HCD506ZX
(S/N: 7022143)**

Se inició con el ensamblaje del BHA convencional # 6 con la broca PDC 8 ½" HCD506ZX con el cual se perforó desde 9965 ft hasta 10283 ft.

Los parámetros utilizados fueron:

RPM: 208 rpm; GPM: 420 gpm; Presión: 3000 psi, MW: 10.3 ppg, WOB: 18-22 klbs; Torque: 22 Klbs/ft.

Observaciones:

En superficie la broca presentó un desgaste normal en su estructura de corte, adicional se evidenció cortadores rotos.

Campo Centro Oriente Sacha – X5



**Broca # 1 - Tricónica 16"
MX-1
6060987**



**Broca # 2 - PDC 16"
HCD604
7028625**



**Broca # 3 - PDC 12
1/4" HCD605X**



**Broca # 4 - PDC 12 1/4"
HC604S**



**Broca # 5 - PDC 8 1/2"
HCD506Z**



**Broca # 6 - PDC 8 1/2"
HCD506ZX**

Fig. 46. Brocas usadas en el campo Centro Oriente Sacha-X5

Fuente: ARCH – Quito

3.2.4. Campo Centro Oriente Sacha – X6

3.2.4.1. Sección Superficial, Broca # 1 Tricónica 16” GTX-CG1 (S/N: 5210708)

Se inició la perforación de la sección de 16” con un ensamblaje convencional BHA # 1 y broca tricónica, con la cual se perforó desde 0 ft hasta 822 ft.

Los parámetros utilizados fueron:

MW: 9.1 ppg; WOB: 2-24 Klbs; GPM: 930 gpm, Torque: 1-6 Klbs-pie;
Presión: 2000 psi, RPM: 80 rpm.

Observaciones:

La broca en superficie se encontró en calibre, presentó sus dientes levemente desgastados en toda su estructura de corte, los conos presentaron sus sellos efectivos.

3.2.4.2. Sección Intermedia, Broca # 2 PDC 16” HCD605S (S/N: 7015791)

Se inició la perforación de la sección de 16” con un ensamblaje convencional BHA # 2 y broca PDC 16” HCD605S, con la cual se perforó desde 822 ft hasta 4020 ft.

Los parámetros utilizados fueron:

MW: 9.9 ppg; WOB: 8-32 Klbs; GPM: 1000 gpm, Torque: 10-22 Klbs-pie;
Presión: 3900 psi. RPM: 235 rpm.

Observaciones:

La broca en superficie se encontró en calibre, en su estructura de corte externa e interna no se observó ningún tipo de desgaste.

**3.2.4.3. Sección Intermedia, Broca # 3 PDC 12 ¼" HCD605X
(S/N: 7139196)**

Se armó el ensamblaje direccional BHA # 3 con la cual se inició a perforar con la broca PDC la sección de 12 ¼", con esta broca se perforó desde 4020ft hasta 7116 ft.

Los parámetros utilizados fueron:

MW: 10 ppg; WOB: 8-26 Klbs; GPM: 830 gpm, Torque: 7-18 Klbs-pie;
Presión: 3650 psi, RPM: 263 rpm.

Observaciones:

La broca ya en superficie mantuvo su diámetro, en su estructura de corte externa e interna se observó cortadores desgastados en la escala de 1.

**3.2.4.4. Sección Intermedia, Broca # 4 PDC 12 ¼" HCD605X
(S/N: 7019841)**

Se armó el ensamblaje direccional BHA # 4 con la cual se inició a perforar con la broca PDC la sección de 12 ¼", con esta broca se perforó desde 7116ft hasta 8080 ft.

Los parámetros utilizados fueron:

MW: 10.2 ppg; WOB: 8-30 Klbs; GPM: 780 gpm, Torque: 12-22 Klbs-pie;
Presión: 3750 psi, RPM: 247 rpm.

Observaciones:

La broca en superficie presentó un mínimo desgaste en toda estructura de corte, su diámetro nominal se mantuvo en calibre.

**3.2.4.5. Sección Intermedia, Broca # 5 Tricónica 12 ¼" MXL-20
(S/N: 5196831)**

Se armó el ensamblaje direccional BHA # 5 broca PDC MXL-20 con la cual se inició a perforar la sección de 12 ¼", con esta broca se perforó desde 8080ft hasta 8465ft.

Los parámetros utilizados fueron:

MW: 10.5 ppg; WOB: 28-45 Klbs; GPM: 750 gpm, Torque: 14-18 Klbs-pie;
Presión: 3700 psi, RPM: 245 rpm.

Observaciones:

La broca en superficie presento un desgaste de 1/16" en su diámetro nominal, su estructura de corte presento dientes desgastados en la parte interna en la escala de 1 y en la externa en la escala de 2.

**3.2.4.6. Sección Intermedia, Broca # 6 PDC 12 ¼" QD604X
(S/N: 7900213)**

Se armó el ensamblaje direccional BHA # 6 broca PDC QD604X con la cual se inició a perforar la sección de 12 ¼", con esta broca se perforó desde 8465 ft hasta 9390 ft.

Los parámetros utilizados fueron:

MW: 10.8 ppg; WOB: 10-25 Klbs; GPM: 700 gpm, Torque: 14-22 Klbs-pie;
Presión: 3800 psi, RPM: 218 rpm.

Observaciones:

La broca en superficie salió en calibre, no presento cortadores desgastados en toda su estructura de corte.

**3.2.4.7. Sección de Producción, Broca # 7 PDC 8 ½” HCM506Z
(S/N: 7304588)**

Se armó el ensamblaje direccional BHA # 7 broca PDC HCM506Z con la cual se inició a perforar la sección de 12 ¼”, con esta broca se perforó desde 9390 ft hasta 11030 ft.

Los parámetros utilizados fueron:

MW: 9.8 ppg; WOB: 8-25 Klbs; GPM: 550 gpm, Torque: 12-23 Klbs-pie;
Presión: 3200 psi, RPM: 219 rpm.

Observaciones:

La broca en superficie presentó un mínimo desgaste en toda estructura de corte, su diámetro nominal se mantuvo en calibre.

Campo Centro Oriente Sacha – X6		
 <p>16" GTX-CG1 5210708</p> <p>Broca # 1 - Tricónica 16” GTX-CG1</p>	 <p>16" HCD605S 7015791</p> <p>Broca # 2 - PDC 16” HCD605S</p>	 <p>12 1/4" HCD605X 7139196</p> <p>Broca # 3 - PDC 12 1/4” HCD605X</p>
 <p>12 1/4" HCD605X 7019841</p> <p>Broca # 4 - PDC 12 1/4” HCD605X</p>	 <p>12 1/4" MXL-20 5196831</p> <p>Broca # 5 - PDC 12 1/4” MXL-20</p>	 <p>12 1/4" QD604X 7900213</p> <p>Broca # 6 - PDC 12 1/4” QD604X</p>



Fig. 47. Brocas usadas en el campo Centro Oriente Sacha-X6

Fuente: ARCH – Quito

3.2.5. Campo Centro Oriente Sacha – X7

3.2.5.1. Sección Superficial, Broca # 1 Tricónica 16" GTX-CG1 (S/N: 5192830)

Se inició la perforación de la sección de 16" con un ensamblaje convencional BHA # 1 y broca tricónica, con la cual se perforó desde 0ft hasta 820 ft.

Los parámetros utilizados fueron:

MW: 9 ppg; WOB: 2-22 Klbs; Torque: 1-5 Klbs/pie; Presión: 1750 psi;
GPM: 900gpm. RPM: 80 rpm.

Observaciones:

Cuando salió la broca del hoyo a superficie se observó que su diámetro nominal no perdió calibre, presentó sus dientes desgastados en su estructura de corte externa en la escala de 1, los conos presentaron sus sellos efectivos.

**3.2.5.2. Sección Superficial, Broca # 2 PDC 16" HCD604
(S/N: 7027170)**

Se continuó con la perforación de la sección con un ensamblaje direccional BHA # 2 y broca PDC con la cual se perforó desde 820ft hasta 4003 ft.

Los parámetros utilizados fueron:

MW: 10.4 ppg; WOB: 8-38 Klbs; RPM: 225rpm; Torque: 4-22 Klbs-pie;
Presión: 3700 psi; GPM: 1000gpm.

Observaciones:

Una vez que la broca salió a superficie se comprobó que estaba en calibre, en su estructura de corte externa e interna no se observó ningún tipo de desgaste.

**3.2.5.3. Sección Intermedia, Broca # 3 PDC 12 ¼" HCD605X
(S/N: 7029638)**

Se inició con la perforación de la sección de 12 ¼" con el ensamblaje direccional BHA # 3 y broca PDC, con la cual se perforó desde 4003ft hasta 7500 ft.

Los parámetros utilizados fueron:

MW: 10.1 ppg; WOB: 8-36 Klbs; Torque: 8-22 Klbs-pie; Presión: 3900 psi;
GPM: 850 gpm. RPM: 257rpm.

Observaciones:

Al salir la broca a superficie se observó que estaba fuera de calibre en la escala de 1/16", en su estructura de corte externa e interna se observó cortadores desgastados, adicionalmente se evidenció cortadores rotos en la parte externa.

**3.2.5.4. Sección Intermedia, Broca # 4 PDC 12 ¼” HCD605X
(S/N: 7024690)**

Se continuó con la perforación de la sección con el ensamblaje direccional BHA # 4 y broca PDC, con la cual se perforó desde 7500ft hasta 8144 ft.

Los parámetros utilizados fueron:

MW: 10.3 ppg; WOB: 12-20 Klbs; Torque: 10-16 Klbs-pie; Presión: 3900 psi; GPM: 785gpm; RPM: 243 rpm.

Observaciones:

Al momento que se sacó la broca del hoyo se pudo verificar que se mantiene en calibre, en su estructura de corte se pudo observar que la mayor parte de cortadores no presentaron desgaste, adicionalmente se observó un cortador perdido y un cortador roto en la zona interna.

**3.2.5.5. Sección Intermedia, Broca # 5 Tricónica 12 ¼” MXL-20
(S/N: 5214280)**

Se continuó con la perforación de la sección 12 ¼” con un ensamblaje direccional BHA # 5 y broca tricónica desde 8144 ft hasta 8395 ft.

Los parámetros utilizados fueron:

MW: 10.9 ppg; WOB: 12-35 Klbs; Torque: 10-17 Klbs-pie; Presión: 3900 psi; GPM: 730gpm; RPM: 240 rpm.

Observaciones:

Cuando salió la broca del hoyo a superficie se verificó que se mantenía en calibre, sus conos presentaron sus sellos efectivos, en su estructura de corte interna no se evidenció desgaste y en su estructura de corte externa se observó algunos dientes desgastados en una mínima escala de 1.

**3.2.5.6. Sección De Producción, Broca # 6 PDC 8 ½” HC505ZX
(S/N: 7501010)**

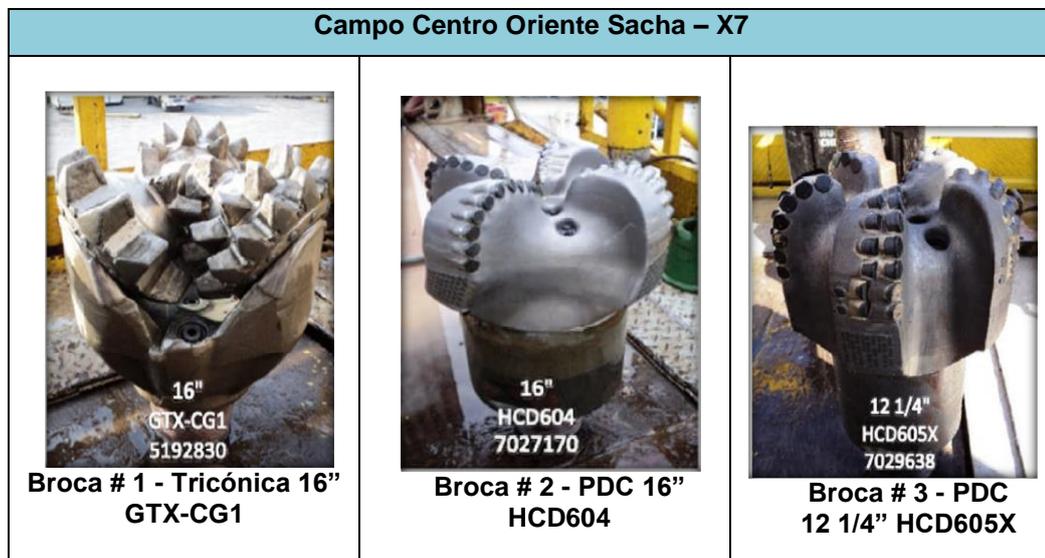
Se inició con la perforación de la sección 8 ½” con un ensamblaje direccional BHA # 6, desde 8395 ft hasta 11000 ft.

Los parámetros utilizados fueron:

MW: 9.8 ppg; WOB: 6-22 Klbs; Torque: 12- 22 Klbs-pie; Presión: 3900 psi;
GPM: 600 gpm; RPM: 268 rpm.

Observaciones:

Al momento de llegar a superficie la broca salió en calibre, se observó desgaste en su estructura de corte externa e interna, y algunos cortadores perdidos es la estructura de corte interna.



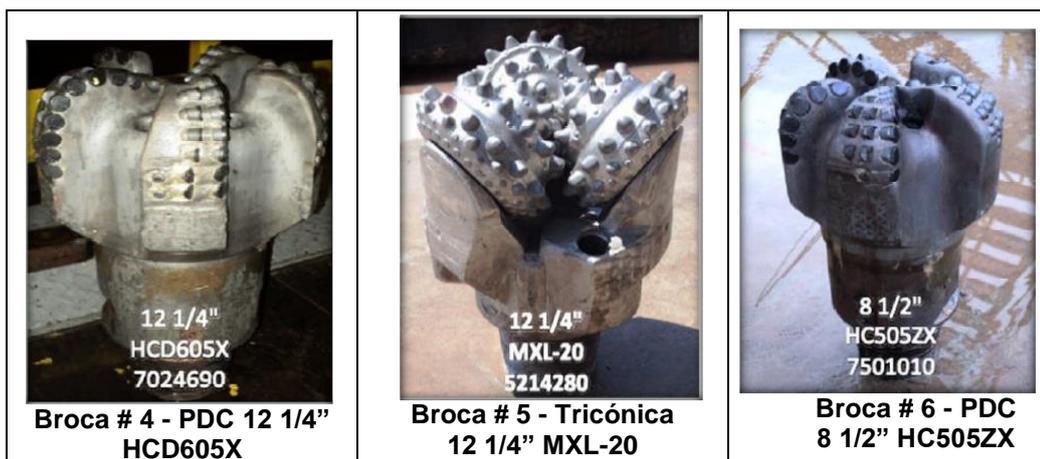


Fig. 48. Brocas usadas en el campo Centro Oriente Sacha-X7

Fuente: ARCH – Quito

3.2.6. Campo Centro Oriente Sacha – X10

3.2.6.1. Sección Superficial, Broca # 1 Triconica 16" XR+C (S/N: PT0610)

Arma BHA # 1 con broca tricónica nueva de 16" Se comienza a perforar desde 41 ft hasta 500 ft.

Los parámetros utilizados fueron:

RPM: 50-70 rpm, WOB: 2-12 klb, Torque: 4-6 Klb-ft, GPM: 100-450 gpm,
Presión: 600 psi; MW: 8.7 ppg.

Observaciones:

Broca sale en perfectas condiciones con los tres conos efectivos, reusable para otros pozos.

**3.2.6.2. Sección Intermedia, Broca # 2 PDC 16” SDI519MHPX
(S/N: JF1643)**

Se arma BHA # 2 direccional con broca PDC tipo SDI519MHPX, Se inicia a perforar formación desde 500 ft hasta 5512 ft.

Los parámetros utilizados fueron:

RPM: 106-182 rpm; GPM: 600-1020 gpm; WOB: 5-30 klb; Torque: 5-20 Klb-ft; Presión: 3800 psi, MW: 9.9 ppg.

Observaciones:

Una vez en superficie se observa la broca en muy buenas condiciones, tanto en sus hileras internas como externas, sale en calibre.

**3.2.6.3. Sección Intermedia, Broca # 2R PDC 16” SDI519MHPX
(S/N: JF1643)**

Se arma BHA # 3 con la misma broca PDC SDI519MHPX, Se reanuda la perforacion desde 5512 ft hasta 6069 ft.

Los parámetros utilizados fueron:

RPM: 150 rpm, GPM: 650-1000 gpm; Torque: 12-22 klb-ft; WOB: 5-25 klbs; Presión: 3850 psi; MW: 9.9 PPG.

Observaciones:

Una vez en superficie se observa la broca en muy buenas condiciones, tanto en sus hileras externas e internas, sale en calibre y la razón de salida es por llegar a punto de casing.

**3.2.6.4. Sección Intermedia, Broca # 3 PDC 12 ¼" MSI519HSPXX
(S/N: JF7003)**

Arma BHA # 4 con broca PDC 12 ¼" MSI519HSPXX, se inicia la perforación desde 6069 ft hasta 8475 ft.

Los parámetros utilizados fueron:

GPM: 600-850 gpm, RPM: 112-185 rpm, torque: 20-30 klbs-ft, Presión: 1800-3850 psi, WOB: 2-30 klbs; MW: 10 ppg.

Observaciones:

Se observa la broca en malas condiciones, con anillamiento en la parte del calibre fuera de calibre y la razón de salida es por cambio de formación.

**3.2.6.5. Sección Intermedia, Broca # 4 PDC 12 ¼" SDI419HBPX
(S/N: JE2385)**

Arma BHA # 5 con broca PDC nueva SDI419HBPX, se inicia la perforación desde 8475 ft hasta 9243 ft.

Los parámetros utilizados fueron:

GPM: 700-850 gpm, WOB: 8-35 Klbs; Torque: 20-32 klbs-ft; RPM: 172-221 rpm; Presión: 3900 psi; MW: 10.6 ppg.

Observaciones:

Una vez en superficie, se observa la broca en condiciones aceptables, con sus cortadores localizados; con un desgaste de astillamiento y de laminados, sale 1/16" fuera de calibre, justificado por el excesivo repaso que fue sometida y la razón de salida fue por llegar a Punto de Casing.

**3.2.6.6. Sección Intermedia, Broca # 5 PDC 8 ½” MDI619LBPX
(S/N: JE3112)**

Arma BHA # 6 direccional con broca MDI619LBPX, se inicia la perforación desde 9243 ft hasta 10212 ft.

Los parámetros utilizados fueron:

RPM: 172-202 rpm; Torque: 25-30 klbs-ft; WOB: 10-30 klbs; GPM: 400 gpm; Presión: 2100 psi; MW: 9.7 ppg.

Observaciones:

Una vez en superficie se observa la broca en malas condiciones, con anillamiento como principal característica, sale fuera de calibre y la razón de salida es por baja rata de penetración.

**3.2.6.7. Sección de Producción, Broca # 6 PDC 8 ½” MDI616LBPX
(S/N: JD2863)**

Arma BHA # 7 direccional con broca PDC MDI616LBPX, se inicia la perforación desde 10212 ft hasta 10520 ft.

Los parámetros utilizados fueron:

RPM: 172-192 rpm; GPM: 400 gpm, Torque: 25-30 klbs-ft; Presión: 2200 psi; WOB: 10-20 klbs; MW: 9.9 ppg.

Observaciones:

La broca sale en buenas condiciones, tanto en sus hileras internas y externas en calibre y la razón de salida es por llegar a Profundidad Total.



Fig. 49. Brocas usadas en el campo Centro Oriente Sacha-X10

Fuente: ARCH – Quito

3.2.7. Campo Centro Oriente Sacha – X13

3.2.7.1. Sección Superficial, Broca # 1 Tricónica 16” XR+CPS (S/N: PM5982)

Arma BHA # 1 con Broca 16” XR+CPS, Inicia perforación desde 45 ft hasta 510 ft.

Los parámetros utilizados fueron:

GPM: 460 gpm, RPM: 90 rpm, Torque: 10-18 klbs/ft, Presión: 590 psi, WOB: 2-12 klbs, MW: 8.6 ppg.

Observaciones:

Como característica principal de desgaste, desgaste normal leve debido a perforación. Broca en calibre.

3.2.7.2. Sección Superficial, Broca # 2 PDC 16” SDI519MHPX (S/N: JF1643)

Arma BHA # 2 Direccional con Broca PDC SDI519MHPX, Inicia perforación desde 510 ft hasta 5478ft.

Los parámetros utilizados fueron:

GPM: 1000 gpm, RPM: 180 rpm, Torque: 14-18 klbs/ft, Presión: 3850 psi, WOB: 15-25 klbs, MW: 10 ppg.

Observaciones:

Como característica principal de desgaste, desgaste mecánico, cortadores astillados en cono y calibre, Observa boquillas sin obstrucción.

**3.2.7.3. Sección Superficial, Broca # 3 PDC 16" SD519MHBPX
(S/N: JY6067)**

Arma BHA # 3 con Broca SD519MHBPX, Inicia perforación desde 5478 ft hasta 6408 ft.

Los parámetros utilizados fueron:

GPM: 1000 gpm, RPM: 160 rpm, Torque: 12-22 klbs/ft, Presión: 3750 psi, WOB: 15-28 klbs, MW: 10.4 ppg.

Observaciones:

No observa desgaste considerable en la estructura de corte, Broca al salir a superficie embolada posiblemente por arrastre; Broca en calibre.

**3.2.7.4. Sección intermedia, Broca # 4 PDC 12 ¼" MSI519LMHSBPXX
(S/N: JF2822)**

Arma BHA # 4 con Broca 12 ¼" MSI519LMHSBPXX, Inicia perforación desde 6408 ft hasta 7560 ft.

Los parámetros utilizados fueron:

GPM: 700-850 gpm, RPM: 152-216 rpm, Torque: 12-18 klbs/ft, Presión: 2200-2900 psi, WOB: 4-20 klbs, MW: 9.9 ppg.

Observaciones:

Como característica principal de desgaste; desgastes mecánicos; cortadores astillados en calibre por conglomerados.

**3.2.7.5. Sección Intermedia, Broca # 5 Tricónica 12 ¼”
GF10BODUCPS (S/N: PR7612)**

Arma BHA # 5 con Broca PDC 12 ¼ " GF10BODUCPS, Inicia perforación desde 7560 ft hasta 8215 ft.

Los parámetros utilizados fueron:

GPM: 850 gpm, RPM: 191-206 rpm, Torque: 12-18 klbs/ft, Presión: 3600 psi, WOB: 12-30 klbs, MW: 10.3 ppg.

Observaciones:

Broca sale a superficie por alcanzar profundidad programada y para cambiar broca de conos por broca PDC, Como característica principal de desgaste, desgaste normal leve en la estructura de corte, Protección en calibre con mínimo desgaste, Sistema de cojinetes de fricción y sellos se encuentran efectivos.

**3.2.7.6. Sección intermedia, Broca # 6 PDC 12 ¼” MSI519HSPXX
(S/N: JF9378)**

Arma BHA # 6 con Broca 12 ¼ " MSI519HSPXX, Inicia perforación desde 8215 ft hasta 10160 ft.

Los parámetros utilizados fueron:

GPM: 700-850 gpm, RPM: 178-154 rpm, Torque: 15-26 klbs/ft, Presión: 3500-3950 psi, WOB: 10-30 klbs. MW: 13.2 ppg.

Observaciones:

Como característica principal de desgaste, desgaste mecánico, cortadores rotos, astillados en hombro y calibre.

**3.2.7.7. Sección de Producción, Broca # 7 PDC 8 ½" MDSI616LBPX
(S/N: JF9807)**

Arma BHA # 7 con Broca PDC 8 ½ " MDSI616LBPX, Inicia perforación desde 10160 ft hasta 10404 ft.

Los parámetros utilizados fueron:

GPM: 450 gpm, RPM: 166 rpm, Torque: 20-26 klbs/ft, Presión: 2500 psi, WOB: 10-30 klbs, MW: 12 ppg.

Observaciones:

La broca se encuentra en muy buen estado, con el mínimo desgaste en los cortadores.

**3.2.7.8. Sección de Producción, Broca # 8 PDC 8 ½" MF30BDODPS
(S/N: PR9798)**

Arma BHA # 8 con Broca PDC 8 ½ " MF30BDODPS, Inicia perforación desde 10404 ft hasta 10558 ft.

Los parámetros utilizados fueron:

GPM: 400-450 gpm, RPM: 151 rpm, Torque: 16-18 klbs/ft, Presión: 2200-2600 psi, WOB: 20-45 klbs, MW: 12ppg.

Observaciones:

Decidió sacar BHA a superficie para cambiar de motor con la misma broca de insertos, y de esta manera el pozo continuo de acuerdo al programa.

Al sacar la broca se mantuvo en calibre no hubo desgastes severos en sus conos su estructura normal.

**3.2.7.9. Sección de Producción, Broca # 9 PDC 6 1/8" MF30BDODPS
(S/N: PR9798)**

Arma BHA # 9 con Broca PDC 8 1/2" MF30BDODPS, Inicia perforación desde 10558 ft hasta 10760 ft.

Los parámetros utilizados fueron:

GPM: 450 gpm, RPM: 166 rpm, Torque: 16-18 klbs/ft, Presión: 2700 psi, WOB: 30-50 klbs, MW: 12 ppg.

Observaciones:

Como característica principal de desgaste, desgaste normal leve en estructura de corte, se observó erosión de material extra duro que protege al cuerpo de conos (hileras 3 y 5 de cada cono), insertos de hileras internas de conos presentan desgaste plano.

**3.2.7.10. Sección Producción, Broca #10 PDC 6 1/8" XR20DOD1GVPS
(S/N: PX2350)**

Arma BHA # 10 con Broca PDC 6 1/8" XR20DOD1GVPS, Inicia perforación desde 10760 ft hasta 10765 ft.

Los parámetros utilizados fueron:

WOB: 18-21 klbs, RPM: 188 rpm, Torque: 12-16 ft/lbs, GPM: 250 gpm, Presión: 2400 psi. MW: 12 ppg.

Observaciones:

Como característica principal de desgaste, desgaste mecánico, en hilera de medio 2 insertos partidos (BT) en el cono No. 1, en la hilera del medio, en todos los conos en hilera de calibre observo insertos astillados (CT). Los sellos y conos efectivos, broca en calibre.

3.2.7.11. Sección de Producción, Broca # 11 PDC 6 1/8" MDI516WBPX (S/N: JF9590)

Arma BHA # 11 con Broca 6 1/8" MDI516WBPX, Inicia perforación desde 10765 ft hasta 10926 ft.

Los parámetros utilizados fueron:

WOB: 10-20 klbs, RPM: 80-120 rpm, Torque: 10-21 klbs/ft, GPM: 250-290 gpm, Presión: 2400 psi, MW: 8.9 ppg.

Observaciones:

Durante toda la perforación se registraron vibraciones en la herramienta direccional (Stick & Slip), vario parámetros rpm, caudal, WOB e incremento lubricidad en el lodo, sin lograr minimizar vibraciones.

Debido al riesgo de dañar o perder la herramienta, el personal de operaciones (Rio Napo - Schlumberger) decide sacar BHA a superficie para cambiar el mismo.

Como característica principal de desgaste, desgaste normal leve (WT) por formación.

3.2.7.12. Sección de Producción, Broca # 12 PDC 6 1/8" XR20DOD1GVPS (S/N: PX5505)

Armo BHA # 12 con broca PDC 6 1/8" XR20DOD1GVPS, Inicia perforación desde 10926 ft hasta 10984 ft.

Los parámetros utilizados fueron:

WOB: 20-30 klbs, RPM: 185 rpm, Torque: 14-18 klbs/ft, Caudal: 250 gpm, Presión: 2250 psi. MW: 8.9 ppg.

Observaciones:

Durante la perforación en modo rotaria se registró vibraciones en las herramientas direccionales pegarse o deslizarse (Stick & Slip), esto obligo a levantar la tubería en muchas ocasiones, se varió parámetros WOB, RPM para minimizar vibraciones y se acondiciono el lodo de perforación con lubricantes pero sin mayor éxito.

En hileras del medio en los tres conos observo insertos partidos (BT).

**3.2.7.13. Sección de Producción, Broca # 13 PDC 6 1/8”
XR20DOD1GVPS (S/N: PX5507)**

Armo BHA # 13 con broca PDC 6 1/8” XR20DOD1GVPS, Inicio perforación desde 10984 ft hasta 11156 ft.

Los parámetros utilizados fueron:

WOB: 20-30 klbs, RPM: 185 rpm, Torque: 15-17 klbs/ft, GPM: 250 gpm, Presión: 2300 psi, MW: 8.9 ppg.

Observaciones:

Durante la perforación no se registraron (Stick & Slip) u otras vibraciones, un cambio favorable fue el de colocar más tubería HWDP (tubería pesada), esto hizo la sarta un poco más rígida, ayudando a minimizar las vibraciones en las herramientas direccionales.

**3.2.7.14. Sección de Producción, Broca # 14 PDC 6 1/8”
MDSi516WBPX (S/N: JG0374)**

Armo BHA # 14 con broca PDC 6 1/8” MDSi516WBPX, Inicia la perforación desde 11156 ft hasta 11540 ft.

Los parámetros utilizados fueron:

WOB: 8-12 klbs, RPM: 185 rpm, Torque: 15-17 klbs/ft, Caudal: 250 gpm,
Presión: 2650 psi, MW: 8.9 ppg.

Observaciones:

La broca perforo dentro de la Arenisca U inferior, un total de 384 ft, no observo desgaste considerable en la estructura de corte de la broca.

Campo Centro Oriente Sacha – X13		
 <p>16" XR+CPS PM5982</p>		 <p>EN CALIBRE</p>
<p>Broca # 1 - Tricónica 16" XR+CPS</p>	<p>Broca # 2 - PDC 16" SDI519MHPX</p>	<p>Broca # 3 - PDC 16" SD519MHPX</p>
 <p>EN CALIBRE</p>	 <p>EN CALIBRE</p>	
<p>Broca # 4 - PDC 12 1/4" MSI519LMHSPXX</p>	<p>Broca # 5 - Tricónica 12 1/4" GF10BODUCPS</p>	<p>Broca # 6 - PDC 12 1/4" MSI519HSPXX</p>

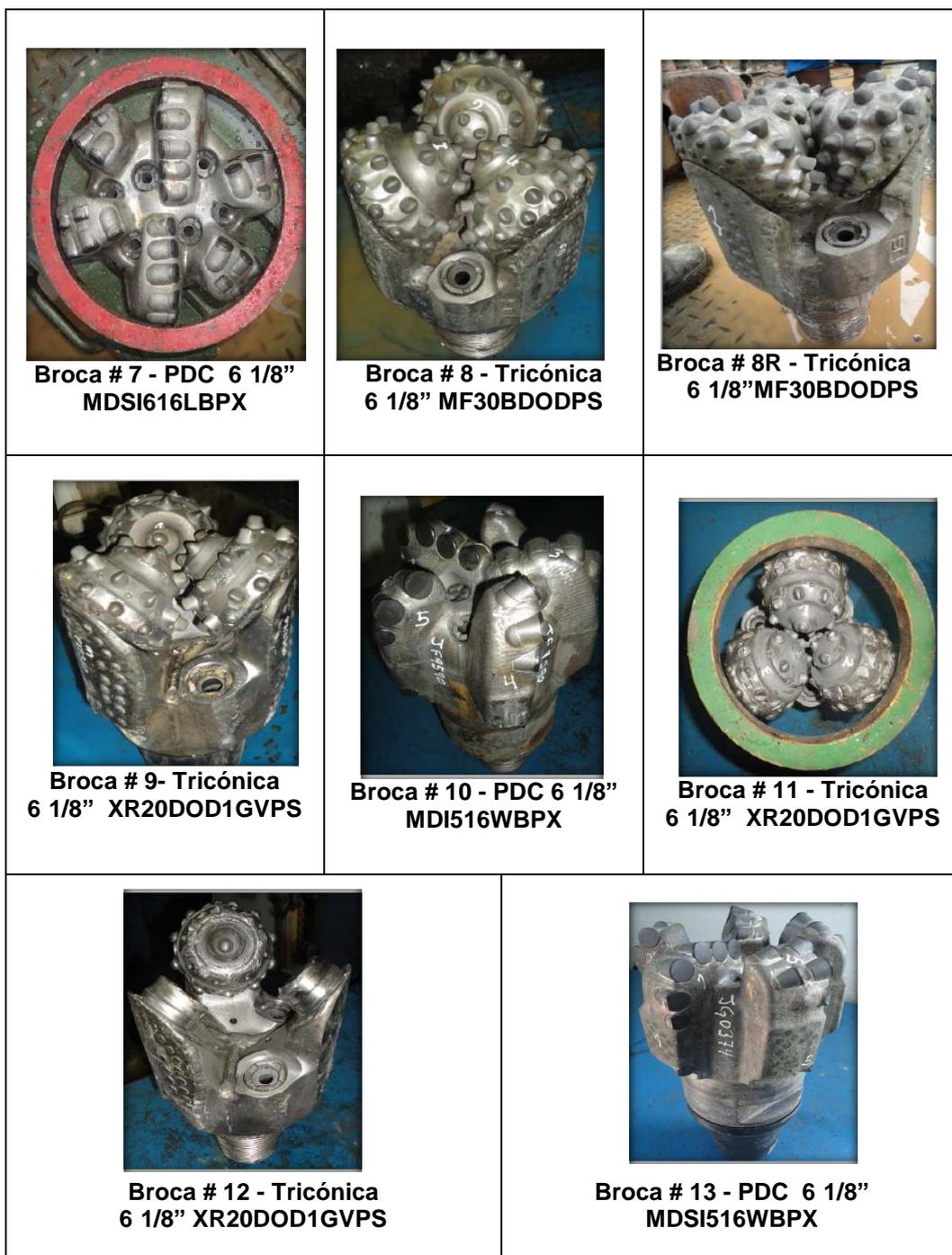


Fig. 50. Brocas usadas en el campo Centro Oriente Sacha-X13

Fuente: ARCH – Quito

3.2.8. Campo Centro Oriente Shushufindi X1

3.2.8.1. Sección Superficial, Broca # 1 Tricónica 26" XR+C (S/N: JE6784)

Armo BHA # 1 con broca tricónica 26" tipo SDI519MHPX, Se inicia la perforación desde 46 ft hasta 168 ft.

Los parámetros utilizados fueron:

RPM: 40-50 rpm; GPM: 60-160 gpm; Presión: 100-120 psi, WOB: 3-10klbs; Torque: 0-17 klbs/ft, MW: 8.5 ppg.

Observaciones:

Saco BHA # 1 a superficie se quebró el BHA y quito la broca.

3.2.8.2. Sección Superficial, Broca # 2 PDC 16" SDI519MHPX (S/N: JE6784)

Armo BHA # 2 direccional se conectó broca PDC 16" tipo SDI519MHPX, Se inicia la perforación desde 168 ft hasta 3822 ft.

Los parámetros utilizados fueron:

RPM: 190 rpm; GPM: 950-1000 gpm; Presión: 3400 psi, WOB: 2-18 klbs; Torque: 1-15 klbs/ft, MW: 10 ppg.

Observaciones:

Se para perforación para realizar viaje de calibración a superficie para cambiar BHA direccional según establecido en el programa de perforación del pozo. Bombeó píldora dispersa y viscosa, circuló fondo arriba, sacó tubería con BHA direccional y broca PDC de 16" hasta superficie.

**3.2.8.3. Sección Superficial, Broca # 2R PDC 16" SDI519MHPX
(S/N: JE6784)**

Armo BHA # 3 direccional se conectó broca PDC 16" tipo SDI519MHPX, se inicia la perforación desde 3822 ft hasta 5157 ft.

Los parámetros utilizados fueron:

RPM: 145 rpm; GPM: 900-1000 gpm; Presión: 2900-3500 psi, WOB: 5-20 klbs; Torque: 0-17 klbs/ft, MW: 10.1 ppg.

Observaciones:

Se decidió realizar viaje de calibración y sacar a superficie, con poco PSB esto afectó el rendimiento de la broca.

**3.2.8.4. Sección Superficial, Broca # 2RR PDC 16" SDI519MHPX
(S/N: JF9284)**

Armo BHA # 4 direccional se conectó broca PDC 16" tipo SDI519MHPX, se inicia la perforación desde 5157 ft hasta 5782 ft.

Los parámetros utilizados fueron:

RPM: 152 rpm; GPM: 900-950 gpm; Presión: 2500-3800 psi, WOB: 15-25 klbs; Torque: 13-18 klbs; MW: 10.4 ppg.

Observaciones:

Se ajustó parámetros dentro del conglomerado por que se podía ocasionar daños severos en la broca por estar dentro del conglomerado.

**3.2.8.5. Sección Superficial, Broca # 2RRR PDC 16"SDI519MHPX
(S/N: JF9284)**

Armo BHA # 5 direccional se conectó broca PDC 16" tipo **SDI519MHPX**, se inicia la perforación desde 5782 ft hasta 5782 ft.

Los parámetros utilizados fueron:

RPM: 50 rpm; GPM: 700 gpm; Presión: 2500 psi, WOB: 10-25 klbs;
Torque: 10-12 klbs; MW: 10.8 ppg.

Observaciones:

Viaje de calibración y acondicionamiento de hoyo 16"

**3.2.8.6. Sección Intermedia, Broca # 3 PDC 12 ¼" MSI519HSPX
(S/N: JE7529)**

Armo BHA # 6 direccional se conectó broca PDC 12 ¼" tipo MSI519HSPX, se inicia la perforación desde 5782 hasta 5797 ft.

Los parámetros utilizados fueron:

RPM: 216 rpm; GPM: 850 gpm; Presión: 2500-2800 psi, WOB: 8-15 klbs;
Torque: 15-22 klbs, MW: 10.6 ppg.

Observaciones:

Se ajustó parámetros dentro del conglomerado por que se podía ocasionar daños severos en la broca por estar dentro del conglomerado.

**3.2.8.6. Sección de Producción, Broca # 3R PDC 12 ¼" MSI519HSPX
(S/N: JD9005)**

Armo BHA # 7 direccional se conectó broca PDC 12 ¼" tipo MSI519HSPX, se inicia la perforación desde 5797 ft hasta 8147 ft.

Los parámetros utilizados fueron:

RPM: 220 rpm; GPM: 700-800 gpm; Presión: 2800-3800 psi, WOB: 10-25 klbs; Torque: 15-23 klbs/ft; MW: 10.2 ppg.

Observaciones:

Se ajustó parámetros dentro del conglomerado por que se podía ocasionar daños severos en la broca por estar dentro del conglomerado.

3.2.8.7. Sección de Intermedia, Broca # 4 PDC 12 1/4" MSI519HSPX (S/N: JD9005)

Armo BHA # 8 direccional se conectó broca PDC 12 1/4" tipo, se inicia la perforación desde 9007 ft hasta 9500 ft.

Los parámetros utilizados fueron:

RPM: 204 rpm; GPM: 650-880 gpm; Presión: 3600-3800 psi, WOB: 12-25 klbs; Torque: 15-23 klbs/ft; MW: 10.2 ppg.

Observaciones:

La broca presenta delaminacion de la pastilla PDC producto del recalentamiento por falta de enfriamiento, la broca en superficie presenta 4 boquillas tapada con gomas del motor de fondo.

3.2.8.8. Sección de Intermedia, Broca # 5 PDC 12 1/4" MSI619VBPX (S/N: JD3959)

Armo BHA # 9 direccional se conectó broca PDC 12 1/4" tipo MSI619VBPX, se inicia la perforación desde 9007 ft hasta 9500 ft.

Los parámetros utilizados fueron:

RPM: 159 rpm; GPM: 800-810 gpm; Presión: 3600-3700 psi, WOB: 10-20 klbs; Torque: 20-23 klbs/ft, MW: 10.3 ppg.

Observaciones:

En esta corrida se perforo con dificultad por alto torque esto afecto el rendimiento de la broca, al no poder aumentar el peso sobre la broca.

3.2.8.9. Sección de Producción, Broca # 6 PDC 8 ½” MDI616LPX (S/N: JD3959)

Armo BHA # 10 direccional se conectó broca PDC 8 ½” tipo MDI616LPX, se inicia la perforación desde 9500 ft hasta 10080 ft.

Los parámetros utilizados fueron:

RPM: 227 rpm; GPM: 400-470 gpm; Presión: 1650-2100 psi, WOB: 8-15 klbs; Torque: 20-23 klbs/ft, MW: 9.1 ppg.

Observaciones:

Se observó alto torque debido a no tener suficiente lubricante el lodo. Controlar el ROP al ingreso de hollín ya que esta formación puede presentarse abrasiva y desgastar prematuramente la broca.





Fig. 51. Brocas usadas en el campo Centro Oriente Shushufindi-X1

Fuente: ARCH – Quito

3.2.9. Campo Centro Oriente Shushufindi X2

3.2.9.1. Sección Superficial, Broca # 1 Triconica 26\" XR+C (S/N: PR8994)

Armo BHA # 1 direccional se conectó broca Triconica 26\" tipo XR+C, se inicia la perforación desde 44 ft hasta 190 ft.

Los parámetros utilizados fueron:

RPM: 80-100 rpm; GPM: 100-270 gpm; Presión: 50-200 psi, WOB: 8-10 klbs; Torque: 2-4 klbs/ft; MW: 8.4-9 ppg.

Observaciones:

Evaluando la broca, observo como características principal de desgaste, un desgaste normal (WT), en toda su estructura de corte por el trabajo realizado principalmente en los piedrones superficiales y como característica secundaria de desgaste, ninguna.

3.2.9.2. Sección Intermedia, Broca # 2 PDC 16" SDI519MHPX (S/N: JG5157)

Armo BHA # 2 direccional se conectó broca PDC 16" tipo SDI519MHPX, se inicia la perforación desde 190 hasta 3946 ft.

Los parámetros utilizados fueron:

RPM: 176 rpm; GPM: 400-1050 gpm; Presión: 550-3300 psi, WOB: 10-20 klbs; Torque: 2-6 klbs/ft; MW: 8.9-10.3ppg.

Observaciones:

Evaluando la broca se observa como característica principal cortadores partidos y astillados (BT/CT), en toda su estructura de corte por el trabajo realizado en los carbones y como característica secundaria, Erosión (ER), se observaron 15 cortadores partidos y 15 cortadores astillados.

3.2.9.3. Sección Intermedia, Broca # 3 PDC 16" SDI519MHPX (S/N: JD9415)

Armo BHA # 3 direccional se conectó broca PDC 16" tipo SDI519MHPX, se inicia la perforación desde 3946 hasta 5648 ft.

Los parámetros utilizados fueron:

RPM: 170 rpm; GPM: 800-1000 gpm; Presión: 3300-3750 psi, WOB: 10-20 klbs; Torque: 3-6 klbs/ft; MW: 10.3-10.6 ppg.

Observaciones:

Se observó un ligero desgaste por formación en los hombros de la broca, erosión en las partes de los cortadores. Broca se encuentra en calibre.

3.2.9.4. Sección Intermedia, Broca # 4 PDC 12 ¼" MSi519LHMSBPXX (S/N: JG0306)

Armo BHA # 4 direccional se conectó broca PDC 16" tipo MSi519LHMSBPXX, se inicia la perforación desde 5648 hasta 9296 ft.

Los parámetros utilizados fueron:

RPM: 200 rpm; GPM: 650-880 gpm; Presión: 2500-3750 psi, WOB: 10-35 klbs; Torque: 18-20 klbs/ft; MW: 9,7-10.4 ppg.

Observaciones:

Evaluando la broca se observa como característica principal desgaste por formación (WT) en la partes de los hombros y nariz como característica secundaria, Se observó un cortador en la aleta número 5 un cortador delaminado (DL) el cortador número 3.

La mecha realizó un buen trabajo de perforación.

3.2.9.5. Sección de Producción, Broca # 5 PDC 8 ½" MSi619LMPX (S/N: JF9285)

Armo BHA # 5 direccional se conectó broca PDC 8 1/2" tipo MSi619LMPX, se inicia la perforación desde 9296 hasta 9950 ft.

Los parámetros utilizados fueron:

RPM: 203.6 rpm; GPM: 420 gpm; Presión: 1950 psi, WOB: 20 klbs;
Torque: 20-23 klbs/ft, MW: 9.1 ppg.

Observaciones:

Una vez en superficie la broca se encuentra fuera de calibre, su estructura de corte muestra cortadores con desgaste normal en el área del hombro.

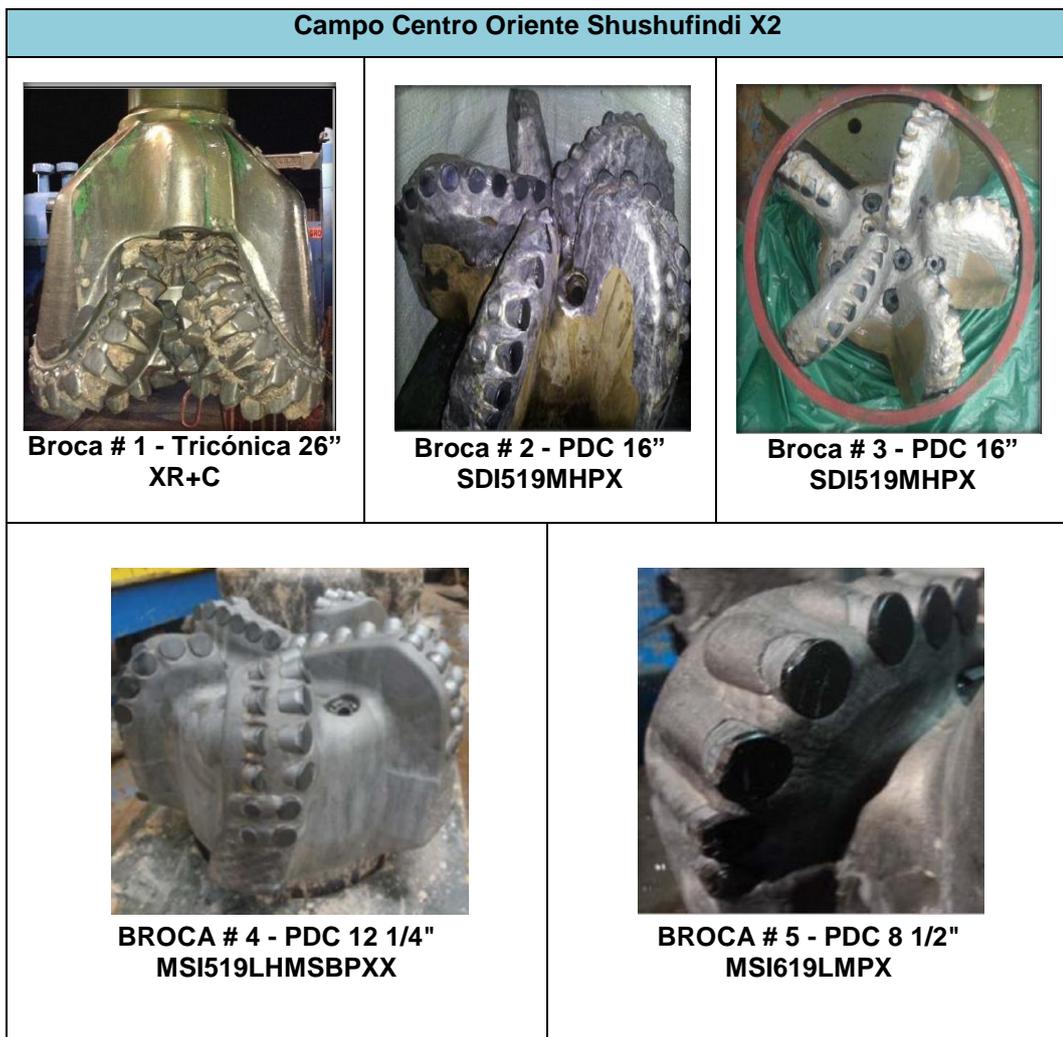


Fig. 52. Brocas usadas en el campo Centro Oriente Shushufindi-X2

Fuente: ARCH – Quito

3.2.10. Campo Centro Oriente Shushufindi X9

3.2.10.1. Sección Superficial, Broca # 1 Triconica 26" XR+C (S/N: PW9196)

Arma BHA # 1 con broca 26" XR+C, se inicia la perforación desde 47 ft hasta 192 ft.

Los parámetros utilizados fueron:

RPM: 35-70 rpm; GPM: 150-450 gpm; Presión: 50-350 psi, WOB: 8-15 klbs; Torque: 2-6 Klbs/ft; MW: 8.5 ppg.

Observaciones:

Abundante material producto del viaje de calibración, el material adherido muestra arcilla muy pegajosa, arenas y cantos rodados; Con desgaste por abrasión en toda la estructura de corte por la perforación de cantos rodados. Los cojinetes-sellos se encuentran efectivos en los tres conos; Broca mantiene en calibre.

3.2.10.2. Sección Superficial, Broca # 2 PDC 16" SDi519MHPX (S/N: JG8619)

Arma BHA # 2 con broca PDC 16" SDi519MHPX, se inicia la perforación desde 192 ft hasta 5280 ft.

Los parámetros utilizados fueron:

RPM: 128-212 rpm; GPM: 800-1200 gpm; Presión: 750-3800 psi, WOB: 3-35 klbs; Torque: 1-25 Klbs/ft; MW: 10.8 ppg.

Observaciones:

En superficie, la broca salió con material de arrastre adherido a su cuerpo, producto del viaje, y con su cara limpia, se observa que en la parte del cono y nariz o zona interna no existe desgaste en ninguno de los cortadores. La zona externa principalmente en la parte del calibre (G) se observa cortadores astillados y desgastados por abrasión. Broca sale por llegar a punto de revestimiento en calibre.

3.2.10.2. Sección Superficial, Broca # 2R PDC 16" SDi519MHPX (S/N: JG8619)

Arma BHA # 3 con broca PDC 16" SDi519MHPX, se inicia la perforación desde 5280 ft hasta 5285 ft.

Los parámetros utilizados fueron:

RPM: 128-212 rpm; GPM: 800-1200 gpm; Presión: 750-3800 psi, WOB: 3-35 klbs; Torque: 1-25 Klbs/ft; MW: 10.8 ppg.

Observaciones:

Se bombeo tren de píldoras y circulo fondo arriba reciprocando, se limpió el pozo y coloco píldoras estabilizadoras en el fondo.

3.2.10.3. Sección Intermedia, Broca # 3 PDC 12 ¼" MSi519LMHSBPXX (S/N: JH2146)

Arma BHA # 4 con broca PDC 12 ¼" MSi519LMHSBPXX, se inicia la perforación desde 5285 ft hasta 7646 ft.

Los parámetros utilizados fueron:

RPM: 50-140 rpm; GPM: 450-1100 gpm; Presión: 2600-3400 psi, WOB: 2-30 klbs; Torque: 10-22 Klbs/ft; MW: 11 ppg.

Observaciones:

La estructura de corte presenta afectación en la zona externa, en el área del hombro se observan cortadores rotos, los cortadores de calibre se encuentran astillados y con desgaste por abrasión. Se observa un ligero desgaste sobre la matriz en el hombro, broca en calibre, sale por baja rata de penetración.

3.2.10.4. Sección Intermedia, Broca # 4 PDC 12 ¼”

MSI519LMHSBPXX (S/N: JH2405)

Arma BHA # 5 con broca PDC 12 ¼” MSi519LMHSBPXX, se inicia la perforación desde 7646 ft hasta 9032 ft.

Los parámetros utilizados fueron:

RPM: 130-226 rpm; GPM: 500-850 gpm; Presión: 1800-3250 psi, WOB: 10-28 klbs; Torque: 12-18 Klbs/ft; MW: 11.2 ppg.

Observaciones:

La estructura de corte no presento mayor desgaste, se observa cortadores astillados en el área del hombro y calibre principalmente en las aletas 3 y 5, los cortadores del área interna se encuentran en buenas condiciones, broca sale en calibre llega a punto de revestimiento.

3.2.10.5. Sección Intermedia, Broca # 5 PDC 12 ¼” FO5BODCPS

(S/N: PX8897)

Arma BHA # 6 con broca PDC 12 ¼” FO5BODCPS, se inicia la perforación desde 9032 ft hasta 9037 ft.

Los parámetros utilizados fueron:

RPM: 168 rpm; GPM: 800 gpm; Presión: 2900 psi, WOB: 25-28 klbs; Torque: 12-13 Klbs/ft; MW: 11.5 ppg.

Observaciones:

La estructura de corte tiene un desgaste mínimo, se observa (JD) en zonas específicas, se puede apreciar rayas horizontales debido al paso por los Conglomerados de Tiyuyacu los cuales son muy abrasivos.

Se observa desgaste en los insertos en las hileras del calibre, broca sale con sellos efectivos en calibre y por llegar a punto de revestimiento.

3.2.10.6. Sección de Producción, Broca # 6 PDC 8 ½” MDI616LBPX (S/N: JF5306)

Arma BHA # 7 con broca PDC 8 ½” MDi616LBPX, se inicia la perforación desde 9037 ft hasta 9585 ft.

Los parámetros utilizados fueron:

RPM: 138-196 rpm; GPM: 350-380 gpm; Presión: 1200-1400 psi, WOB: 8-16 klbs; Torque: 12-16 Klbs/ft; MW: 9.4 ppg.

Observaciones:

Su estructura de corte, muestra mayormente desgaste por abrasión (WT) seguido de impactos (CT), principalmente en su área externa, su área interna (Cone), se aprecia 1 cortador astillado en la aleta 6 (BT), probablemente asociados a la operación del drill out, en su área externa (Shoulder, Gauge), se observan 3 cortadores rotos (BT) con algunos cortadores astillados (CT), producto de la perforación y de las repasadas durante los viajes. La broca salió en calibre, por problemas en el hoyo.

3.2.10.7. Sección de Producción, Broca # 7 PDC 8 ½” MDI616LPX (S/N: JD3959)

Arma BHA # 8 con broca PDC 8 ½” MDI616LPX, se inicia la perforación desde 9585 ft hasta 9859 ft.

Los parámetros utilizados fueron:

RPM: 60-90 rpm; GPM: 250-320 gpm; Presión: 550-780 psi, WOB: 5-18 klbs; Torque: 14-16 Klbs/ft; MW: 9.1 ppg.

Observaciones:

A su salida la broca trajo material de arrastre entre dos de sus aletas la demás zona de su cara limpia (no embolada).

Con una boquilla tapada (PN) producto de la limitación en el galonaje durante la perforación, su estructura de corte no muestra mayor desgaste se observa cortadores astillados (CT), en su área interna, (Nariz)

Campo Centro Oriente Shushufindi X9		
 <p>Broca # 1 - Tricónica 26'' XR+C</p>	 <p>Broca # 2 - PDC 16'' SDi519MHPX</p>	 <p>Broca # 2 - PDC 16'' SDi519MHPX</p>
 <p>Broca # 3 - PDC 12 1/4'' MSI519LMHSBPXX</p>	 <p>Broca# 4 - PDC 12 1/4'' MSI519LMHSBPXX</p>	 <p>Broca # 5 - PDC 12 1/4'' FO5BODCPS</p>
 <p>Broca # 6 - PDC 8 1/2''MDI616LPX</p>	 <p>Broca # 7 - PDC 8 1/2" MDI616LPX</p>	

Fig. 53. Brocas usadas en el campo Centro Oriente Shushufindi-X9

Fuente: ARCH – Quito

3.3. REGISTRO DE BROCAS

Se basan específicamente en los números de brocas, diámetro, marca, tipo, boquillas, intervalo perforado, peso sobre la broca, y el rpm.

Observaremos los diferentes registros de brocas elaborados por las compañías operadoras en los diversos campos del Oriente ecuatoriano.

3.3.1. Campo Centro Oriente Sacha – X2

# BROCA	DIAMETRO	MARCA	TIPO	BOQUILLAS	INTERVALO (PIE)	PESO SOBRE LA BROCA	RPM	GPM	PSI	TQ	CARACT. DESGAST
1	26"	BAKER HUGUES	GTX-CG1	4X18	264	2-12	100	400	220	3	WT
2	16"	BAKER HUGUES	HCD605	10X11	333	4-10	252	700	1300	3	NO
2R	16"	BAKER HUGUES	HCD605	10X11	4248	5-20	230	1000	3900	12	NO
2RR	16"	BAKER HUGUES	HCD605	10X12	889	22-28	222	950	3900	15	WT
3	12 ¼"	BAKER HUGUES	HCD605X	5X13 2X14	1677	12-40	241	850	3900	18	WT
4	12 ¼"	BAKER HUGUES	HCD805SZ	5X13 2X14	862	12-40	241	850	3900	18	WT
5	12 ¼"	BAKER HUGUES	MXL-20	3X22	390	20-40	235	750	3800	16	WT
6	12 ¼"	BAKER HUGUES	HC604S	4X13 4X14	234	20-40	235	750	3800	16	WT
7	12 ¼"	BAKER HUGUES	HCM605Z	7X15	1006	8-40	232	740	4000	20	WT
8	8 ½"	BAKER HUGUES	HCM605Z	6X13	1771	10-22	188	420	2300	22	WT

Tabla Nº 17. Campo Centro Oriente Sacha-X2

Elaborado por: Gabriel Rodríguez y Tito Burgos

Fuente: ARCH – Quito

WT: Dientes gastados

NO: No tiene características de Desgastes

3.3.2. Campo Centro Oriente Sacha – X3

# BROCAS	DIAMETRO	MARCA	TIPO	BOQUILLAS	INTERVALO (PIE)	PESO SOBRE LA BROCA	RPM	GPM	PSI	TQ	CARACT. DESGASTE
1	16"	BAKER HUGUES	GTX-CG1	4X16	1063	2-22	80	480	650	1-5	NO
2	16"	BAKER HUGUES	HCD605	10X11	2910	14-35	248	990	4000	4-18	NO
3	12 ¼"	BAKER HUGUES	HCD605X	5X13 2X14	3879	2-36	263	900	3900	4-20	WT
4	12 ¼"	BAKER HUGUES	MXL-20	3X20	468	20-40	245	750	3900	9-14	WT
5	8 ½"	BAKER HUGUES	HCD506Z	6X11	912	10-20	225	440	2600	12-23	NO
6	8 ½"	BAKER HUGUES	LC-104	-	32	8-20	60	260	750	10-14	-
5R	8 ½"	BAKER HUGUES	HCD506Z	6X11	1410	5-20	205	380	2400	12-21	WT

Tabla N° 18. Campo Centro Oriente Sacha-X3

Elaborado por: Gabriel Rodríguez y Tito Burgos

Fuente: ARCH – Quito

WT: Dientes gastados

NO: No tiene características de Desgastes

3.3.3. Campo Centro Oriente Sacha – X5

# BROCAS	DIAMETRO	MARCA	TIPO	BOQUILLAS	INTERVALO (PIE)	PESO SOBRE LA BROCA	RPM	GPM	PSI	TQ	CARACT. DESGASTE
1	16"	BAKER HUGUES	MX-1	3X16 1X22	884	4-20	80	1000	1950	4	W T
2	16"	BAKER HUGUES	HCD604	4X12 4X13	4808	4-30	220	1000	3300	20	WT
3	12 ¼"	BAKER HUGUES	HCD605X	5X13 2X14	2234	6-25	219	920	3900	22	WT
4	12 ¼"	BAKER HUGUES	HCD604S	7X12 1X13	982	14-22	248	760	3700	22	WT
5	8 ½"	BAKER HUGUES	HCD506Z	6X11	1021	14-22	218	420	2200	22	WT
6	8 ½"	BAKER HUGUES	HCD506ZX	4X9 4X10	318	18-22	208	420	3000	22	WT

Tabla Nº 19. Campo Centro Oriente Sacha-X5
Elaborado por: Gabriel Rodríguez y Tito Burgos
Fuente: ARCH – Quito

WT: Dientes gastados

3.3.4. Campo Centro Oriente Sacha – X6

# BROCAS	DIAMETRO	MARCA	TIPO	BOQUILLAS	INTERVALO (PIE)	PESO SOBRE LA BROCA	RPM	GPM	PSI	TQ	CARACT. DESGASTE
1	16"	BAKER HUGUES	GTX-CG1	3X14 1X18	786	2-24	80	930	2000	1-6	WT
2	16"	BAKER HUGUES	HCD605S	8X11 2X10	3198	8-32	235	1000	3900	10-22	NO
3	12 ¼"	BAKER HUGUES	HCD605X	5X13 2X14	3096	8-26	263	830	3650	7-18	WT
4	12 ¼"	BAKER HUGUES	HCD605X	5X13 2X14	964	8-30	247	780	3750	12-22	WT
5	12 ¼"	BAKER HUGUES	MXL-20	3X22	385	28-45	245	750	3700	14-18	WT
6	12 ¼"	BAKER HUGUES	QD604X	7X12 1X13	925	10-25	218	700	3800	14-22	NO
7	8 ½"	BAKER HUGUES	HCD506Z	6X11	1640	8-25	219	550	3200	12-23	WT

Tabla N° 20. Campo Centro Oriente Sacha-X6

Elaborado por: Gabriel Rodríguez y Tito Burgos

Fuente: ARCH – Quito

WT: Dientes gastados

NO: No tiene características de Desgastes

3.3.5. Campo Centro Oriente Sacha – X7

# BROCA	DIAMETR	MARCA	TIPO	BOQUILLAS	INTERVAL O (PIE)	PESO SOBRE LA BROCA	RPM	GPM	PSI	TQ	CARACT. DESGAST
1	16"	BAKER HUGUES	GTX-CG1	3X14 1X18	783	2-22	80	900	1750	1-5	WT
2	16"	BAKER HUGUES	HCD604	8X12	3183	8-38	225	1000	3700	4-22	NO
3	12 ¼"	BAKER HUGUES	HCD605X	5X13 2X14	3497	8-36	257	850	3900	8-22	WT
4	12 ¼"	BAKER HUGUES	HCD605X	5X13 2X14	644	12-20	243	785	3900	10-16	NO
5	12 ¼"	BAKER HUGUES	MXL-20	3X20	251	12-35	240	730	3900	10-17	NO
6	8 ½"	BAKER HUGUES	HC505ZX	5X12	2605	8-22	268	600	3900	12-22	WT

Tabla Nº 21. Campo Centro Oriente Sacha-X7
Elaborado por: Gabriel Rodríguez y Tito Burgos
Fuente: ARCH – Quito

WT: Dientes gastados

NO: No tiene características de Desgastes

3.3.6. Campo Centro Oriente Sacha – X10

# BROCA	DIAMETR	MARCA	TIPO	BOQUILLAS	INTERVALO (PIE)	PESO SOBRE LA BROCA	RPM	GPM	PSI	TQ	CARACT. DESGAST
1	16"	SMITH	XR+	4x15	459	2-12	50-70	100- 450	600	4-6	WT
2	16"	SMITH	SDI519MHPX	7X13 1X12	5012	5-30	106- 192	600- 1020	3800	5- 20	NO
2R	16"	SMITH	SDI519MHPX	7X13 1X12/32	557	5-25	150	950- 1000	3850	12- 22	NO
3	12 ¼"	SMITH	MSI519HSPX X	4X13 3X14/32	2406	2-30	112- 185	650- 950	1900- 3850	20- 30	RO
4	12 ¼"	SMITH	SDI419HBPX	4X14 2X16	768	8-35	172- 221	700- 850	3900	20- 32	CT/DL
5	8 ½"	SMITH	MDI619LBPX	6X12/32	969	10-30	172- 202	400	2100	25- 30	RO
6	8 ½"	SMITH	MDI616LBPX	6X12/32	308	10-20	172- 192	400	2200	25- 30	WT

Tabla Nº 22. Campo Centro Oriente Sacha-X10

Elaborado por: Gabriel Rodríguez y Tito Burgos

Fuente: ARCH – Quito

WT: Dientes Gastados

NO: No tiene características de Desgastes

RO: Anillo Suelto

CT: Dientes Astillados

DL: Daño Laminado

3.3.7. Campo Centro Oriente Sacha – X13

# BROCAS	DIAMETR	MARCA	TIPO	BOQUILLAS	INTERVA LO (PIE)	PESO SOBRE LA BROCA	RPM	GPM	PSI	TQ	CARACT. DESGAST
1	16"	SMITH	XR+C	4X15	465	2-12	90	460	590	10-18	WT
2	16"	SMITH	SDI519MHPX	8X12	4968	15-25	180	1000	3850	14-18	CT
3	16"	SMITH	SD519MHPX	4X13 4X14	930	15-28	160	1000	3750	12-22	NO
4	12 ¼"	SMITH	MSI519LMHSB PXX	2X13 5X14	1152	4-20	152- 216	700- 850	2200- 2900	12-18	CT
5	12 ¼"	SMITH	GF10BODUCPS	1X16 3X18	655	12-30	191- 206	850	3600	12-18	WT
6	12 ¼"	SMITH	MSI519HSPXX	7X14	1945	10-30	176- 154	700- 850	3500- 3950	15-26	BT
7	8 ½"	SMITH	MDSi616LBPX	6X13	244	10-30	166	450	2500	20-26	CT
8	8 ½"	SMITH	MF30BDODPS	3X18	154	20-45	151	400- 450	2200- 2600	16-18	NO
8R	8 ½"	SMITH	MF30BDODPS	3X18	202	30-50	166	450	2700	16-18	WT
9	6 1/8"	SMITH	XR20DOD1GVP S	3X18	5	18-21	188	250	2400	12-16	BT
10	6 1/8"	SMITH	MDi516WBPX	5X11	161	10-20	80-120	250- 290	2400	10-21	WT
11	6 1/8"	SMITH	XR20DOD1GVP S	3X13	58	20-30	185	250	2250	14-18	BT
12	6 1/8"	SMITH	XR20DOD1GVP S	3X13	172	20-30	185	250	2300	15-17	LC
13	6 1/8"	SMITH	MDSi516WBPX	5X11	384	8-12	185	250	2650	15-17	NO

Tabla Nº 23. Campo Centro Oriente Sacha-X13

Elaborado por: Gabriel Rodríguez y Tito Burgos

Fuente: ARCH – Quito

WT: Dientes Gastados

BT: Dientes Rotos

CT: Dientes Astillados

LC: Cono Perdido

NO: No tiene características de Desgastes

3.3.8. Campo Centro Oriente Shushufindi – X1

# BROCAS	DIAMETRO	MARCA	TIPO	BOQUILLAS	INTERVALO (PIE)	PESO SOBRE LA BROCA	RPM	GPM	PSI	TQ	CARACT. DESGASTE
1	26"	SMITH BITS	XR+C	4X16	123	3-10	40- 50	60- 160	100- 120	-	WT
2	16"	SMITH BITS	SDI519MHPX	6X12 2X13	3654	2-18	190	950- 1000	3400	1- 15	BT
2R	16"	SMITH BITS	SDI519MHPX	6X12 2X13	1335	5-20	145	900- 1000	2900- 3500	0- 17	BT
2RR	16"	SMITH BITS	SDI519MHPX	6X12 2X13	625	15-25	152	900- 950	3500- 3800	-	BT
2RRR	16"	SMITH BITS	SDI519MHPX	6X12 2X13	-	-	-	-	-	-	BT
3	12 ¼"	SMITH BITS	MSI519HSPX	7X14/32"	15	8-15	216	850	2500- 2800	-	BT
3R	12 ¼"	SMITH BITS	MSI519HSPX	7X14/32"	2350	10-25	220	700- 800	2600- 3800	13- 18	BT
4	12 ¼"	SMITH BITS	MSI519HSPX	5X14 2X15	860	12-25	204	650- 860	3600- 3800	15- 22	WT
5	12 ¼"	SMITH BITS	MSI619VBPX	5X16/32" 1X18/32"	493	10-20	159	800- 810	3600- 3700	15- 23	CT
6	8 ½"	SMITH BITS	MDI616LPX	6X13/32"	580	8-15	227	400- 470	1650- 2100	20- 23	WT
7	8 ½"	SMITH BITS	XR+	3X18/32"	-	-	-	-	-	-	

Tabla Nº 24. Campo Centro Oriente Shushufindi-X1

Elaborado por: Gabriel Rodríguez y Tito Burgos

Fuente: ARCH-Quito

WT: Dientes Gastados

BT: Dientes Rotos

CT: Dientes Astillados

3.3.9. Campo Centro Oriente Shushufindi – X2

# BROCAS	DIAMETR	MARCA	TIPO	BOQUILLAS	INTER VALO (PIE)	PESO SOBRE LA BROCA	RPM	GPM	PSI	TQ	CARACT. DESGAST
1	26"	SMITH	XR+C	4X16	146	6-10	60-100	100- 270	50-200	2-4	WT
2	16"	SMITH	SDI519MHPX	6X12 2X13	3756	10-20	176	400- 1050	550- 3300	2-6	BT
3	16"	SMITH	SDI519MHPX	8X13	1702	10-20	170	900- 1000	3300- 3750	3-6	WT
4	12 ¼"	SMITH	MDSI519LMH SBPXX	7X13	3648	10-35	200	650- 880	2500- 3750	18- 20	WT
5	8 ½"	SMITH	MDI616LMPX	6X13	654	20	203.6	420	1950	20- 23	WT

Tabla Nº 25. Campo Centro Oriente Shushufindi-X2

Elaborado por: Gabriel Rodríguez y Tito Burgos

Fuente: ARCH-Quito

WT: Dientes Gastados

BT: Dientes Rotos

3.3.10. Campo Centro Oriente Shushufindi – X9

# BROCAS	DIAMET R	MARCA	TIPO	BOQUILLAS	INTERVALO (PIE)	PESO SOBRE LA BROCA	RPM	GPM	PSI	TQ	CARACT. DESGAST
1	26"	SMITH	XR+C	4X16	145	8-15	35-70	150- 450	50-350	2-6	WT
2	16"	SMITH	SDI519MHPX	8X13	5088	3-35	128- 212	800- 1200	750- 3800	1- 25	CT
2R	16"	SMITH	SDI519MHPX	8X13	5	-	-	-	-	-	CT
3	12 ¼"	SMITH	MSI 519LMHSBP XX	6X15 1X16	2361	2-30	50-140	450- 1100	2600- 3400	10- 22	BT
4	12 ¼"	SMITH	MSI 519LMHSBP XX	7X14	1386	10-28	130- 226	500- 850	1800- 3250	12- 18	CT
5	12 ¼"	SMITH	FO5BODCPS	3X18 1X16	5	25-28	168	800	2900	12- 13	JD
6	8 ½"	SMITH	MDI616LBPX	6X12	548	8-16	138- 196	350- 380	1200- 1400	12- 16	CT
7	8 ½"	SMITH	MDI616LPX	6X22	274	5-18	60-90	250- 320	550- 780	14- 16	CT

Tabla Nº 26. Campo Centro Oriente Shushufindi-X9

Elaborado por: Gabriel Rodríguez y Tito Burgos

Fuente: ARCH-Quito

WT: Dientes Gastados

BT: Dientes Rotos

CT: Dientes Astillados

JD: Daño en la Chatarra metálica

CAPÍTULO IV

**PROPUESTA Y EVALUACION DE LA INTERPRETACIÓN DE
DATOS**

4. PROPUESTA Y EVALUACION DE LA INTERPRETACIÓN DE DATOS

4.1. PROPUESTA PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL RENDIMIENTO TÉCNICO DE LAS BROCAS EN LA PERFORACIÓN DE POZOS DEL CENTRO ORIENTE ECUATORIANO

4.1.1. Objetivos de Perforación

El proceso de selección de la broca se fundamenta en el conocimiento de los objetivos de perforación, que incluyen todo tipo de requerimientos específicos del operador para poder perforar el pozo.

La información ayuda a determinar las óptimas características de las brocas que requiere el estudio de la evaluación del rendimiento, y, a concentrar sus esfuerzos en satisfacer las necesidades de la compañía perforadora y sus requisitos de perforación.

4.1.2. Rendimiento

Uno de los principales objetivos del operador es perforar el pozo en el menor tiempo posible.

Esto equivale situar la selección de las brocas hacia la búsqueda del tipo que más duración tenga; se pretende, principalmente, la máxima cantidad de metros en un tiempo de rotación aceptable, eliminando el costoso tiempo del viaje.

4.1.3. Direccional

Es un criterio importante el tipo de pozo direccional cuando se seleccionan las características de las brocas, sean tricónicas o de diamante, se debe a una ventaja específica de las brocas de diamante por su gran alcance y sus posibilidades para perforar en sentido horizontal.

Estos tipos de pozos direccionales tienen secciones parecidas muy extensas que son óptimas para las aplicaciones, como las brocas de diamante. La densidad de los cortadores, la cantidad de aletas, el control de la vibración y el calibre de la broca, son parámetros de selección fundamental cuando se estudian las aplicaciones direccionales.

4.1.4. Economía

La disposición económica es un factor fundamental para la aceptación de los diseños con broca de diamante, siempre y cuando los análisis de costo así lo determinen; en caso contrario se deben seleccionar brocas tricónicas.

4.1.5. Requisitos para la Operación

- ◆ Se requiere peso sobre la broca (WOB) para las formaciones abrasivas y duras. Habrá un impacto en los rodamientos comprensiblemente con el mayor peso, de forma que una rotación más lenta deberá ser aplicada en la broca con el propósito de no desgastar en exceso los rodamientos. El peso requerido es ligeramente menor para una broca tricónica, equivalente a una de dientes, con el fin de evitar falla de la broca por impacto o quebrar los cortadores de insertos.

- ◆ Las formaciones más suaves requieren menor peso sobre la broca, con ello se logra una buena penetración, porque se puede aplicar un

valor mayor de RPM. Los parámetros entre brocas de insertos y de dientes pueden ser similares, demasiado peso puede, en efecto, quebrar los dientes o insertos más largos de las brocas usadas en estas formaciones.

- ◆ En la determinación de la eficiencia de las operaciones de perforación se requiere un rendimiento óptimo, por las veces que se baja la broca para cada diámetro; en cada viaje hay que optimizar la perforación, que implica reducir costos y tiempos. En general los principales problemas que se presentan en estas operaciones son: mal empleo del lodo de perforación, desgaste excesivo de los dientes en la broca, desgaste del diámetro de la broca, desprendimiento de toberas, desprendimiento de conos, toberas tapadas, emboladas en la broca, empaquetamiento de la broca, etc.
- ◆ La broca correcta desempeña un rol esencial en la optimización de la velocidad de penetración (ROP), acorta el tiempo entre el momento en que se está perforando el pozo hasta la primera producción.
- ◆ Los parámetros de perforación, el BHA o las herramientas de fondo del pozo, pueden generar fuerzas que causen un cambio de la desviación del pozo respecto de la trayectoria proyectada, por lo tanto para verificar la broca se debe sacar el BHA, lo cual genera tiempos no productivos importantes, por esos viajes no programados se ve afectada la eficiencia de la broca. Esta es la razón por la que se evalúa el rendimiento técnico de las brocas para mejorar la eficiencia, en la perforación de un pozo horizontal o direccional, y optimizar el tiempo de operación.

4.2. EVALUACIÓN DE LAS CAUSAS DE LOS PROBLEMAS EN LAS BROCAS EN CADA UNA DE LAS SECCIONES DE LOS POZOS

La evaluación del rendimiento técnico de las brocas en cada uno de los pozos estudiados, establecerá las causas que originaron su ineficiencia, revisando uno a uno los problemas dados, analizándolos en cada una de las secciones de los pozos perforados en el Centro-Oriente de la amazonia ecuatoriana, para ello se tomaron los siguientes parámetros:

Parámetros de perforación: Rata de flujo (GPM), Rata de penetración (ROP) y Rotación de la sarta (RPM).

Parámetros de fluidos: Peso del lodo, viscosidad, sólidos insolubles de baja gravedad específica (LGS), velocidades anulares, régimen de flujo utilizado.

Se procedió a relacionar los pozos de acuerdo al tipo de problema presentado en la broca, en el momento que se inició la perforación, de esta manera se desarrollará un análisis por cada pozo y determinar los problemas que se suscitan en la broca. Se detallarán acciones realizadas, soluciones a los problemas evaluados, lecciones aprendidas y recomendaciones. Los resultados son comparados y se toman en cuenta con los parámetros recomendados de pozos perforados en el Centro-Oriente de la amazonia ecuatoriana, se parte de los problemas en cuanto a la determinación de la eficiencia de las operaciones de perforación, que requiere un rendimiento óptimo, caso contrario por las veces que se baja la broca hay que evaluar a través de los parámetros de perforación de cada uno de los pozos.

4.2.1. Centro Oriente Sacha - X2

4.2.1.1. Problema en la sección 12 ¼”

Embolamiento de la broca en la formación Tena.

Solución:

- ◆ Es necesario aplicar peso en la broca con parámetros reducidos por limitación de torque.
- ◆ Bombear píldoras y sacar al conglomerado, a repasar para limpiar, mientras se perfora secciones arcillosas; y, para prevenir el embolamiento, bombear píldoras dispersas en cada parada, y dispersa/viscosa para cada dos paradas.

4.2.2. Centro Oriente Sacha - X3

4.2.2.1. Problema en la sección 16”

Fuga en el codo de 6” del Jet Cellar por desgaste en el material.

Solución:

- ◆ En el Cellar Jet existen dos piezas críticas, la boquilla y el codo; como solución se soldó codo,
- ◆ Es necesario cambiar estas piezas cada dos pozos, debido a que el codo del Cellar jet del taladro CPV-16 es una sola pieza en conjunto, se recomienda que el codo sea con rosca y de cédula 80.

4.2.3. Centro Oriente Sacha - X5

4.2.3.1. Problema en la sección 8 ½ ”

Rotura del motor de fondo dejando pescado (Drive shaft y broca).

Solución:

- ◆ Posible fatiga de materiales por operación en condiciones fuera de especificaciones con vibraciones torsionales de nivel 7 por tiempo superior a 1hr. Una vez evidenciado el problema, se saca la sarta a la superficie, y baja con BHA de pesca logrando sacar el pescado exitosamente.

- ◆ Se recomienda el monitoreo constante de las vibraciones y un seguimiento exhaustivo acumulando las mismas; regirse por el manual de fuera de especificaciones de las herramientas; mejorar la comunicación interna con el fin de permitir la toma temprana de decisiones.

4.2.4. Centro Oriente Sacha - X6

4.2.4.1. Problema en la sección 16”

Bajo ROP en los primeros 150', embolamiento de broca y pérdida de un jet.

Solución:

- ◆ Se sacó el taladro a la superficie, se limpió broca e instaló Jet. Es importante asegurarse que los accesorios, en este caso boquillas, se

encuentren en perfecto estado antes de ser instalados para evitar problemas de caída de los mismos en el transcurso de las operaciones.

4.2.5. Centro Oriente Sacha - X7

4.2.5.1. Problema en la sección 12 ¼"

Baja ROP al salir del conglomerado superior; desgaste en cortadores internos y externos de la broca; cortadores rotos en la parte externa y pérdida de calibre (1/16").

Solución:

- ◆ Se sacó BHA hasta la superficie para cambio de broca, motor y estabilizador; se debe manejar los parámetros de perforación de manera que la broca no sufra un desgaste prematuro.

4.2.6. Centro Oriente Sacha - X10

4.2.6.1. Problema en la sección 12 ¼"

La broca sale en malas condiciones, con anillamiento en la parte del calibre y fuera de él, y la razón de salida es por cambio de formación.

Solución:

- ◆ Se recomienda el uso de protectores en el drill pipe de 5 1/2" para optimizar el torque. Una limitante en esta sección fue el torque, lo que significó tener que limitar el peso en la broca.

- ◆ Se recomienda el uso de lubricante desde el inicio de la sección. Esto repercute en una mejora del torque, así como una mejor transmisión del peso en la broca cuando se deslice (si bien el sliding en esta sección fue menor, la recomendación apunta a secciones que no sean verticales pero que involucren estas formaciones). Según lo que se vio en esta sección, con 3% de lubricante se consiguió eliminar la naturaleza errática del torque.

4.2.6.2. Problema en la sección 8 ½ ”

Una vez en la superficie se observa la broca en malas condiciones, con anillamiento como principal característica; sale fuera de calibre y la razón de esta salida es por baja tasa de penetración.

Solución:

- ◆ La broca usada, (Smith, MDI616LBPX), de 19 mm, mostró un desgaste mayor del usual viéndose erosionado por las areniscas atravesadas perdiendo mucho calibre. Es conveniente empezar la corrida con una broca nueva.
- ◆ Se recomienda el uso de lubricante en el sistema, para reducir el torque en el fondo. Si bien es cierto no se controlaron parámetros por condiciones adversas, se estuvo muy cerca del límite máximo de torque del Top Drive. Una mejora de estas condiciones podría representar una oportunidad para alcanzar mayor eficiencia y optimización del ROP.

4.2.7. Centro Oriente Sacha - X13

4.2.7.1. Problema en la sección 16”

No se observa desgaste considerable en la estructura de corte; la broca al salir a la superficie está embolada, posiblemente por arrastre; broca está en calibre.

Solución:

- ◆ Perforar con el mayor galonaje posible para evitar embolamiento de la broca.

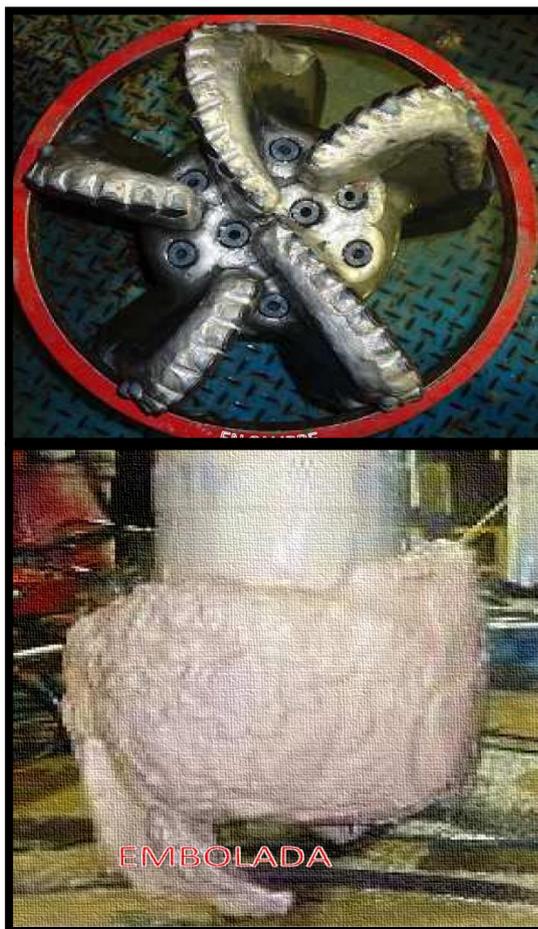


Fig. 54. Embolada en la sección 16” del Centro Oriente Sacha - X13

Fuente: ARCH – Quito

4.2.7.2. Problema en la sección 12 ¼"

Como característica principal de desgaste se encontró: desgastes mecánicos; cortadores rotos y astillados, en hombro y calibre.

Solución:

- ◆ Reducir caudal a 700 GPM en la zona de conglomerados y controlar parámetros para evitar desgaste innecesario de la broca. Utilizar píldoras lubricantes para reducir los valores de torque.

4.2.8. Centro Oriente Shushufindi X-1

4.2.8.1. Problema en la sección 16"

Sacó tubería hasta 3730' libre. Sacó con bomba desde 3730' hasta 3704', donde observo tubería pegada y empaquetamiento, trabajó tubería, obteniendo circulación progresivamente incrementando el caudal lentamente de 100 hasta 800 gpm, obteniendo una presión óptima de 2600 psi.

Solución:

- ◆ Embolamiento de broca y BHA en formación Terciario Indiferenciado
- ◆ Observó estabilizador del BHA y broca PDC de 16" embolados 100% con arcillolita, limpió estabilizador y broca.
- ◆ Regresar al fondo con la nueva broca PDC, asegurarse de comenzar la perforación con al menos 859 gpm para evitar embolamientos en formación Tena, perforar con HSI>2.5, y tener material desemolante disponible en el campo.

4.2.8.2. Problema en la sección 12 ¼”

La broca presenta delaminación de la pastilla PDC, producto del recalentamiento por falta de enfriamiento, la broca en superficie presentó 4 boquillas tapadas con gomas del motor de fondo.

Solución:

- ◆ Por autorización del company man se ajustó parámetros dentro del conglomerado, aun cuando se le sugirió que iba a ocasionar daño severo en la broca por estar dentro del conglomerado.
- ◆ Dificultad para mantener trayectoria direccional, baja ROP durante deslizamiento para verticalizar el pozo, ocasionando un viaje de calibración no planeado para conformar agujero.

4.2.8.3. Problema en la sección 8 ½”

Controlar el ROP al ingreso de Hollín, ya que esta formación puede presentarse abrasiva y desgastar prematuramente la broca.

4.2.9. Centro Oriente Shushufindi X-2

4.2.9.1. Problema en la sección 16”

Evaluando la broca se observa como características principales: cortadores partidos y astillados (BT / CT), en toda su estructura de corte por el trabajo realizado en los carbones; y, como característica secundaria, Erosión (ER). Se observaron 15 cortadores partidos y 15 cortadores astillados. La broca se encuentra en calibre.

Solución:

- ◆ Por problemas con las bombas se suspende circulación, la sarta se mantiene en rotación y reciprocando, sin embargo tiene tendencia a empaquetarse.
- ◆ Mantenimiento preventivo de las bombas, para evitar perder circulación durante la operación. Al perder circulación los cortes en el anular tienden a caer y acumularse sobre el BHA lo que puede generar en empaquetamiento. Al reiniciar bombear píldora dispersa y viscosa, y circular.

4.2.10. Centro Oriente Shushufindi X-9

4.2.10.1. Problema en la sección 26”

Abundante material producto del viaje de calibración, el material adherido muestra arcilla muy pegajosa, arenas y cantos rodados, con desgaste por abrasión en toda la estructura de corte por la perforación de los cantos rodados.

Solución:

- ◆ Intervalos de boulders, monitorear retornos y variaciones continuas de los parámetros de perforación en esta fase para determinar óptimamente el inicio y finalización de los cantos rodados superficiales.
- ◆ NPT observa por codo de salida cellar jet; verificar el estado de la línea de succión del cellar jet; implementar esta evaluación como parte de las pruebas de aceptación al equipo, previo al inicio de la etapa de perforación.

4.2.10.2. Problema en la sección 16”

Al llegar a la superficie, la broca salió con material de arrastre adherido a su cuerpo, producto del viaje, y con sus partes limpias. Se observa que en la parte del cono y nariz o zona interna no existe desgaste en ninguno de los cortadores. La zona externa, principalmente, en la parte del calibre (G) se observa cortadores astillados y desgastados por abrasión.

Solución:

- ◆ La broca el BHA sale embolada, se ejecutó viaje con backreaming en varios intervalos.
- ◆ Revisar la correcta concentración de los aditivos dispersantes y anticreación en el fluido de perforación, así también la calidad de las píldoras de baja reología y de barrido para eliminar la posibilidad de formación de camas que podría arrastrarse a la salida de la broca.
- ◆ Revisar los diseños hidráulicos para llegar a valores altamente posibles.

4.2.10.3. Problema en la sección 8 ½ ”

Su estructura de corte muestra un mayor desgaste por abrasión (WT), seguido de impactos (CT), principalmente en su área externa, área interna (Cone), se aprecia 1 cortador astillado en la aleta 6 (BT), probablemente asociados a la operación del drill out; en el área externa (Shoulder, Gauge), se observan 3 cortadores rotos (BT) con algunos cortadores astillados (CT), producto de la perforación y de las repasadas durante los viajes. La broca salió en calibre, y por problemas en el hoyo.

Solución:

- ◆ Pérdida de circulación durante la perforación, correlación con pozos vecinos para evaluar la ventana operativa de trabajo y determinar que la densidad del lodo sea menor a la presión de fractura de la formación.

4.2.11. Comentarios generales:

Se cumplió con el objetivo planificado, la mayoría de la corrida se rota, ya que el BHA tuvo una tendencia muy ligera a crecer, con lo cual solo necesitó poco deslizamiento para corregir la inclinación y el azimut del pozo, con lo cual se pudo optimizar al máximo el porcentaje de rotación.

4.3. PARÁMETROS DE PERFORACIÓN DE LOS POZOS DE CADA UNA DE LAS SECCIONES PROBLEMAS

Los parámetros de perforación son seleccionados de cada una de las secciones de los pozos, problemas identificados a través de la propuesta e interpretación de datos para la optimización del rendimiento técnico de las brocas en la perforación de pozos del Centro-Oriente ecuatoriano, para poder realizar las comparaciones con cada uno.

PARÁMETROS DE PERFORACIÓN					
CAMPO CENTRO ORIENTE SACHA X-2					
	FTG	%	HRS	ROP	MAX PESO
TOTAL	1677	100	41.68	40.20	
ROTADO	1526	71	29.40	241	40
DESLIZADO	151	29	12.28	35.18	12

Tabla Nº 27. Parámetros de Perforación Sacha X-2 Sección 12 ¼"

Elaborado por: Gabriel Rodríguez y Tito Burgos

Fuente: ARCH-Quito

PARAMETROS DE PERFORACIÓN					
CAMPO CENTRO ORIENTE SACHA X-3					
	FTG	%	HRS	ROP	MAX PESO
TOTAL	2910	100	13.45	216	
ROTADO	2910	100	13.45	216	35
DESLIZADO	0	0	0.00	0.00	0

Tabla Nº 28. Parámetros de Perforación Sacha X-3 Sección 16"

Elaborado por: Gabriel Rodríguez y Tito Burgos

Fuente: ARCH-Quito

PARAMETROS DE PERFORACIÓN					
CAMPO CENTRO ORIENTE SACHA X-5					
	FTG	%	HRS	ROP	MAX PESO
TOTAL	1021	100	15.88	64.29	
ROTADO	1021	100	15.88	64.29	22
DESLIZADO	0	0	0	0	0

Tabla Nº 29. Parámetros de Perforación Sacha X-5 Sección 8 ½”

Elaborado por: Gabriel Rodríguez y Tito Burgos

Fuente: ARCH-Quito

PARAMETROS DE PERFORACIÓN					
CAMPO CENTRO ORIENTE SACHA X-6					
	FTG	%	HRS	ROP	MAX PESO
TOTAL	3198	100	20.4	156.76	
ROTADO	2638	57	11.58	235	32
DESLIZADO	560	43	8.82	103.16	8

Tabla Nº 30. Parámetros de Perforación Sacha X-6 Sección 16”

Elaborado por: Gabriel Rodríguez y Tito Burgos

Fuente: ARCH-Quito

PARAMETROS DE PERFORACIÓN					
CAMPO CENTRO ORIENTE SACHA X-7					
	FTG	%	HRS	ROP	MAX PESO
TOTAL	3497	100	74.07	47.21	
ROTADO	3284	93.91	52.75	257	37
DESLIZADO	213	6.09	21.32	30.95	10

Tabla Nº 31. Parámetros de Perforación Sacha X-7 Sección 12 ¼”

Elaborado por: Gabriel Rodríguez y Tito Burgos

Fuente: ARCH-Quito

PARAMETROS DE PERFORACIÓN					
CAMPO CENTRO ORIENTE SACHA X-10					
	FTG	%	HRS	ROP	MAX PESO
TOTAL	2406	100	75.50	41.96	
ROTADO	2142	89	59.65	112	30
DESLIZADO	264	11	15.85	31.87	2

Tabla Nº 32. Parámetros de Perforación Sacha X-10 Sección 12 ¼"

Elaborado por: Gabriel Rodríguez y Tito Burgos

Fuente: ARCH-Quito

PARAMETROS DE PERFORACIÓN					
CAMPO CENTRO ORIENTE SACHA X-10					
	FTG	%	HRS	ROP	MAX PESO
TOTAL	968	100	32.5	40.71	
ROTADO	968	100	32.5	40.71	30
DESLIZADO	0	0	0	0	0

Tabla Nº 33. Parámetros de Perforación Sacha X-10 Sección 8 ½"

Elaborado por: Gabriel Rodríguez y Tito Burgos

Fuente: ARCH-Quito

PARAMETROS DE PERFORACIÓN					
CAMPO CENTRO ORIENTE SACHA X-13					
	FTG	%	HRS	ROP	MAX PESO
TOTAL	1152	100	29	50.46	
ROTADO	1129	98	27.84	152	20
DESLIZADO	23	2	1.16	39.72	4

Tabla Nº 34. Parámetros de Perforación Sacha X-13 Sección 12 ¼"

Elaborado por: Gabriel Rodríguez y Tito Burgos

Fuente: ARCH-Quito

PARAMETROS DE PERFORACIÓN					
CAMPO CENTRO ORIENTE SUSHUFINDI X-1					
	FTG	%	HRS	ROP	MAX PESO
TOTAL	3655	100	25.8	141.9	
ROTADO	2955	80.8	15.9	185.7	20
DESLIZADO	700	19.2	9.9	71.1	16

Tabla N° 35. Parámetros de Perforación Shushufindi X-1 Sección 16”

Elaborado por: Gabriel Rodríguez y Tito Burgos

Fuente: ARCH-Quito

PARAMETROS DE PERFORACIÓN					
CAMPO CENTRO ORIENTE SUSHUFINDI X-1					
	FTG	%	HRS	ROP	MAX PESO
TOTAL	2350	100	54.5	55.9	
ROTADO	2185	93	43.60	220	20
DESLIZADO	165	7	10.9	43.12	8

Tabla N° 36. Parámetros de Perforación Shushufindi X-1 Sección 12 ¼”

Elaborado por: Gabriel Rodríguez y Tito Burgos

Fuente: ARCH-Quito

PARAMETROS DE PERFORACIÓN					
CAMPO CENTRO ORIENTE SUSHUFINDI X-2					
	FTG	%	HRS	ROP	MAX PESO
TOTAL	3756	100	89	123.76	
ROTADO	3151	83.9	62.5	176	20
DESLIZADO	605	16.1	26.5	42.40	10

Tabla N° 37. Parámetros de Perforación Shushufindi X-2 Sección 16”

Elaborado por: Gabriel Rodríguez y Tito Burgos

Fuente: ARCH-Quito

PARAMETROS DE PERFORACIÓN					
CAMPO CENTRO ORIENTE SUSHUFNDI X-9					
	FTG	%	HRS	ROP	MAX PESO
TOTAL	145	100	8.5	22.14	
ROTADO	145	100	8.5	22.14	15
DESLIZADO	0	0	0	0	

Tabla N° 38. Parámetros de Perforación Shushufindi X-9 Sección 26”

Elaborado por: Gabriel Rodríguez y Tito Burgos

Fuente: ARCH-Quito

PARAMETROS DE PERFORACIÓN					
CAMPO CENTRO ORIENTE SUSHUFINDI X-9					
	FTG	%	HRS	ROP	MAX PESO
TOTAL	5088	100	44.50	230.23	
ROTADO	4478	88	35.29	212	35
DESLIZADO	610	12	9.21	114.3	13

Tabla N° 39. Parámetros de Perforación Shushufindi X-9 Sección 16”

Elaborado por: Gabriel Rodríguez y Tito Burgos

Fuente: ARCH-Quito

PARAMETROS DE PERFORACIÓN					
CAMPO CENTRO ORIENTE SUSHUFINDI X-9					
	FTG	%	HRS	ROP	MAX PESO
TOTAL	548	100	14	55.80	
ROTADO	548	100	14	55.80	16
DESLIZADO	0	0	0	0	

Tabla N° 40. Parámetros de Perforación Shushufindi X-9 Sección 8 ½”

Elaborado por: Gabriel Rodríguez y Tito Burgos

Fuente: ARCH-Quito

4.4. PARÁMETROS DE FLUIDOS DE PERFORACIÓN DE LOS POZOS DE CADA UNA DE LAS SECCIONES PROBLEMAS

El tipo y la calidad del fluido de perforación, que se utiliza en el pozo, tienen un efecto muy importante en el rendimiento de la broca. Los fluidos de perforación con base aceite mejoran el rendimiento de la estructura de corte de la broca PDC, el rendimiento de la broca de diamante natural y de la broca TSP varían según la litología.

Los fluidos de perforación conocidos como lodos de perforación, son mezclas líquidas de varios componentes tales como: agua, arcillas, polímeros, aceite, componentes químicos, espuma o inclusive productos orgánicos. Existen tres tipos de lodos de perforación que son: base agua, base aceite y base espuma.

FLUIDOS DE PERFORACIÓN							
SACHA X-2							
TIPO DE LODO	SECCIÓN	PROFUNDIDAD (MD – PIES)	PESO (lbs/gal)	VISC. (seg)	VP/YP	FILTRADO (C.C)	SOLIDOS (%)
GEL/ POLIMERO	16"	300	8.5-9	28-29	1/1-2/4	< /	2-2
GEL/ POLIMERO	12 ¼"	5770	9-11	29-43	4/10- 26/21	6-12	2-16
PERFLEX	12 ¼"	9939	9.5-10.9	43-52	15/14- 19/22	5.5-6.5	4.00-12.50
PERFLEX/ DRILL IN	8 ½"	11710	9.7-10	27-48	18/20- 19/21	4.5-5.0	11.0-12.50

Tabla Nº 41. Fluidos de Perforación Sacha X-2
Elaborado por: Gabriel Rodríguez y Tito Burgos
Fuente: ARCH – Quito

FLUIDOS DE PERFORACIÓN							
SACHA X-3							
TIPO DE LODO	SECCIÓN	PROFUNDIDAD (MD – PIES)	PESO (lbs/gal)	VISC. (seg)	VP/YP	FILTRADO (C.C)	SOLIDOS (%)
GEL/ POLIMERO	16"	0-4011	8.5-10.8	28-30	2/3-2/4	</	2-2
PERFLEX	12 ¼"	4011-8358	9.4-11.1	30-35	4/5-6/14	12-16	3-13
PERFLEX/ DRILL IN	8 ½"	8358-10712	9.7-10	45-61	15/14- 23/24	5.3-6.5	5.00-7.40

Tabla Nº 42. Fluidos de Perforación Sacha X-3
Elaborado por: Gabriel Rodríguez y Tito Burgos
Fuente: ARCH – Quito

FLUIDOS DE PERFORACIÓN							
SACHA X-5							
TIPO DE LODO	SECCIÓN	PROFUNDIDAD (MD – PIES)	PESO (lbs/gal)	VISC. (seg)	VP/YP	FILTRADO (C.C)	SOLIDOS (%)
GEL/ POLIMERO	16"	5728	8.6-9.5	28-30	2/3-2/4	</	2-2
PERFLEX	12 ¼"	8944	9.5-11.3	30-35	4/5-6/14	12-16	3-13
PERFLEX/ DRILL IN	8 ½"	10283	9.7-10.3	45-61	15/14- 23/24	5.3-6.5	5.00-7.40

Tabla Nº 43. Fluidos de Perforación Sacha X-5
Elaborado por: Gabriel Rodríguez y Tito Burgos
Fuente: ARCH – Quito

FLUIDOS DE PERFORACIÓN							
SACHA X-6							
TIPO DE LODO	SECCIÓN	PROFUNDIDAD (MD – PIES)	PESO (lbs/gal)	VISC. (seg)	VP/YP	FILTRADO (C.C)	SOLIDOS (%)
GEL/ POLIMERO	16"	5870	8.6-10.8	28-30	2/3-2/4	</	2-2
PERFLEX	12 ¼"	9055	9.5-10.8	30-35	4/5-6/14	12-16	3-13
PERFLEX/ DRILL IN	8 ½"	10492	9.7-10.2	45-61	15/14- 23/24	5.3-6.5	5.00-7.40

Tabla Nº 44. Fluidos de Perforación Sacha X-6
Elaborado por: Gabriel Rodríguez y Tito Burgos
Fuente: ARCH – Quito

FLUIDOS DE PERFORACIÓN							
SACHA X-7							
TIPO DE LODO	SECCIÓN	PROFUNDIDAD (MD – PIES)	PESO (lbs/gal)	VISC. (seg)	VP/YP	FILTRADO (C.C)	SOLIDOS (%)
GEL/ POLIMERO	16"	4003	8.6-10.8	28-30	2/3-2/4	</	2-2
PERFLEX	12 ¼"	8395	9.5-10.8	30-35	4/5-6/14	12-16	3-13
PERFLEX/ DRILL IN	8 ½"	11000	9.8-10.4	45-61	15/14- 23/24	5.3-6.5	5.00-7.40

Tabla Nº 45. Fluidos de Perforación Sacha X-7
Elaborado por: Gabriel Rodríguez y Tito Burgos
Fuente: ARCH – Quito

FLUIDOS DE PERFORACIÓN							
SACHA X-10							
TIPO DE LODO	SECCIÓN	PROFUNDIDAD (MD – PIES)	PESO (lbs/gal)	VISC. (seg)	VP/YP	FILTRADO (C.C)	SOLIDOS (%)
NATIVO/ DISPERSO	16”	500	8.4	27-45	MN POS 2-25	NA	<10.0
NATIVO/ DISPERSO	12 ¼”	6069	8.6-10.8	29-45	5-11/12-15	<7.5	<20.0
KLASTOP	12 ¼”	9243	9.6-11.4	30-60	13-24/10-26	7.5-9	<22.0
KLASTOP	8 ½”	10520	9.7-10.2	50-60	14-16/22-24	<6.5	<11.0

Tabla Nº 46. Fluidos de Perforación Sacha X-10
Elaborado por: Gabriel Rodríguez y Tito Burgos
Fuente: ARCH – Quito

FLUIDOS DE PERFORACIÓN							
SACHA X-13							
TIPO DE LODO	SECCIÓN	PROFUNDIDAD (MD – PIES)	PESO (lbs/gal)	VISC. (seg)	VP/YP	FILTRADO (C.C)	SOLIDOS (%)
NATIVO/ DISPERSO	16”	6478	8.6-11.1	27-45	6-14/4-20	0-20	<15.0
KLA STOP	12 ¼”	10760	9.8-11.1	34-48	22/23	18-JAN	<22.0
KLA STOP	8 ½”	11556	8.9	47-50	9/28	<4.5	<11.0

Tabla Nº 47. Fluidos de Perforación Sacha X-13
Elaborado por: Gabriel Rodríguez y Tito Burgos
Fuente: ARCH – Quito

FLUIDOS DE PERFORACIÓN							
SHUSHUFINDI X-1							
TIPO DE LODO	SECCIÓN	PROFUNDIDAD (MD – PIES)	PESO (lbs/gal)	VISC. (seg)	VP/YP	FILTRADO (C.C)	SOLIDOS (%)
NATIVO/ DISPERSO	16”	167	8.4 – 8.5	30 – 34	4/7	N/A	1.3
NATIVO/ DISPERSO	12 ¼”	5782	8.6 – 10.6	31 – 43	3-8/7-22	NC	12.2
KLA STOP	12 ¼”	9490	9.7 – 10.4	38 – 54	9-25/14-26	12-5.8	2.9-7.2
KLA STOP/ NT	8 ½”	10080	8.8 – 9.2	45 - 50	16-17/20-25	6-4.8	0.8-1.7

Tabla Nº 48. Fluidos de Perforación Shushufindi X-1

Elaborado por: Gabriel Rodríguez y Tito Burgos

Fuente: ARCH – Quito

FLUIDOS DE PERFORACIÓN							
SHUSHUFINDI X-2							
TIPO DE LODO	SECCIÓN	PROFUNDIDAD (MD – PIES)	PESO (lbs/gal)	VISC. (seg)	VP/YP	FILTRADO (C.C)	SOLIDOS (%)
NATIVO/ GELEX	16”	190	8.5 – 8.9	30 – 35	2-5/4-9	NC	N/C
NATIVO/ DISPERSO	12 ¼”	5649	8.8 – 10.6	29 – 35	4-12/9-18	NC	16
KLA STOP	12 ¼”	9296	9.7 – 10.6	34 – 48	7-19/12-20	6-5.4	10.4
KLA STOP	8 ½”	9950	8.9 – 9.1	35 - 49	13-18/25-30	4.8-4.4	1.5-4.9

Tabla Nº 49. Fluidos de Perforación Shushufindi X-2

Elaborado por: Gabriel Rodríguez y Tito Burgos

Fuente: ARCH – Quito

FLUIDOS DE PERFORACIÓN							
SHUSHUFINDI X-9							
TIPO DE LODO	SECCIÓN	PROFUNDIDAD (MD – PIES)	PESO (lbs/gal)	VISC. (seg)	VP/YP	FILTRADO (C.C)	SOLIDOS (%)
NATIVO / GELEX	16"	192	9.0-9.0	38 – 32	6-8/12-11	N/C	5
NATIVO / DISPERSO	12 ¼"	5285	9.4-10.8	34-42	8-13/16-20	N/C	5
KLA SHIELD	12 ¼"	9032	10.1-11.6	32 – 47	9-23/13-29	9.6-5.6	18
KLA STOP NT	8 ½"	9859	9.5-9.1	52-47	20-24/29-30	5	7.7

Tabla N° 50. Fluidos de Perforación Shushufindi X-9

Elaborado por: Gabriel Rodríguez y Tito Burgos

Fuente: ARCH – Quito

4.5. INTERPRETACIÓN DE LAS PROFUNDIDADES A TRAVÉS DE UN PROGRAMA DE BROCAS EN CADA UNO DE LOS POZOS EVALUADOS

En la investigación de la evaluación del rendimiento técnico, se ha logrado establecer un programa de brocas, utilizadas para cada pozo evaluado, de manera en que se logre una interpretación adecuada y apropiada a las características litológicas atravesadas en cada trayectoria perforada, consiguiendo y comparando los pies perforados y la cantidad de brocas empleadas en los pozos seleccionados en los campos Sacha y Shushufindi.

Para este tipo de programa se analizó el tipo de litología atravesado en cada viaje de la broca, estudiando los intervalos perforados por cada una de las que se utilizó en los pozos seleccionados, en la evaluación de las causas de los problemas en las brocas.

El objetivo del programa de brocas que se va aplicar es citar la selección de estas hacia la búsqueda del tipo que más duración tenga; se busca principalmente la broca que viaje con más pies perforados, eliminando así el costoso tiempo del viaje.

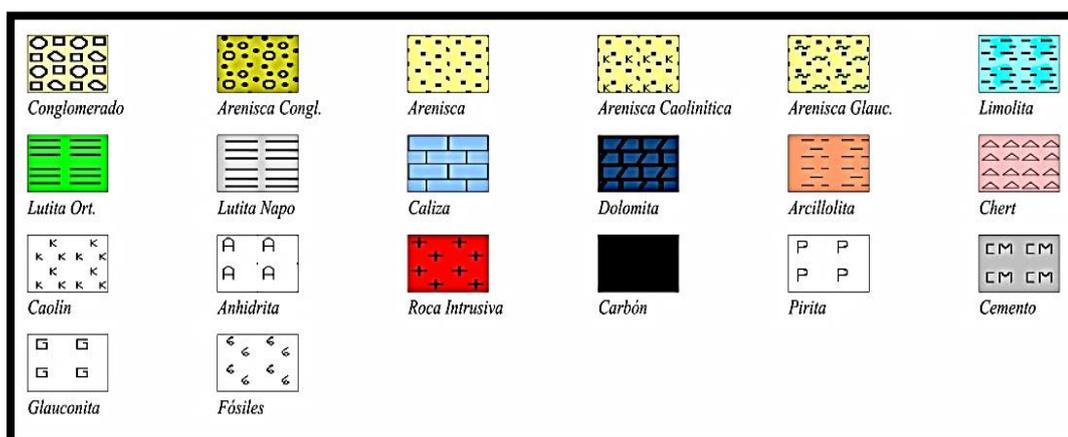


Fig. 55. Tipos de litologías de los pozos perforados en los campos Sacha y Shushufindi.

Fuente: ARCH-Quito

4.5.1. Centro Oriente Sacha -X2

Ø	Nº	TIPO	MARCA	DEPTH OUT.	INTER. PERF.	PROF. BROCA	FORMACION	LITOLOGIA	DESCRIPCION	PIES PERF.
26"	1	GTX -CG1	BAKER HUGUES	300	264	-	Terc.Ind.		Caliza y Cgl.	264
16"	2	HCD 605	BAKER HUGUES	633	333	597	Terc.Ind.		Caliza y Cgl.	5470
	2R	HCD 605	BAKER HUGUES	4881	4248	4845	Terc.Ind.		Caliza y Cgl.	
	2RR	HCD 605	BAKER HUGUES	5770	889	5734	Terc.Ind.		Caliza y Cgl.	
							Orteguaza		Lutita y Arenisca	
12 1/4"	3	HCD 605X	BAKER HUGUES	7447	1677	7411	Orteguaza		Lutita y Arenisca	4169
							Tiyuyacu		Arcilla y Chert	
	4	HCD605SZ	BAKER HUGUES	8309	862	8273	Tiyuyacu		Arcilla y Chert	
	5	MXL -20	BAKER HUGUES	8699	390	8663	Tiyuyacu		Arcilla	
							Tena		Arcilla	
	6	HC604S	BAKER HUGUES	8933	234	8897	Tena		Arcilla	
7	HCM605Z	BAKER HUGUES	9939	1006	9903	Tena		Arcilla		
8 1/2"	8	HCM605Z	BAKER HUGUES	11710	1771	11674	Tena		Arcilla	1771
							Napo		Lutita /caliza/ Arenisca	
							Hollín		Arenisca/Lutita	

Tabla Nº 51. Campo Centro Oriente Sacha-X2
Elaborado por: Gabriel Rodríguez y Tito Burgos
Fuente: ARCH-Quito

4.5.2. Centro Oriente Sacha –X3

Ø	Nº	TIPO	MARCA	DEPHT. OUT.	INTER. PERF.	PROF. BROCA	FORMACION	LITOLOGIA	DESCRIPCION	PIES PERF.
16"	1	GTX-CG1	BAKER HUGUES	1101	1063	-	Terc.Ind.		Caliza y Cgl.	3973
	2	HCD605S	BAKER HUGUES	4011	2910	3973	Terc.Ind.		Caliza y Cgl.	
12 ¼"	3	HCD 605X	BAKER HUGUES	7890	3879	7852	Terc.Ind.		Caliza y Cgl.	4347
							Orteguaza		Lutita y Arenisca	
							Tiyuyacu		Arcilla y Chert	
	Tiyuyacu		Arcilla y Chert							
	4	MXL-20	BAKER HUGUES	8358	468	8320	Tena		Arcilla	
8 ½"	5	HCD506Z	BAKER HUGUES	9270	912	9232	Tena		Arcilla	2354
	5R	HCD506Z	BAKER HUGUES	9302	1410	10642	Basal Tena		Arenisca	
	6	LC-104	BAKER HUGUES	10712	32	10674	Napo		Lutita /Caliza/ Arenisca	
Hollín								Arenisca/Lutita		

Tabla Nº 52. Campo Centro Oriente Sacha-X3
Elaborado por: Gabriel Rodríguez y Tito Burgos
Fuente: ARCH-Quito

4.5.3. Centro Oriente Sacha –X5

Ø	N°	TIPO	MARCA	DEPHT OUT.	INTER. PERF.	PROF. BROCA	FORMACION	LITOLOGIA	DESCRIPCION	PIES PERF.
16"	1	MX-1	BAKER HUGUES	920	884	-	Terc.Ind.		Caliza y Cgl.	5692
	2	HCD604	BAKER HUGUES	5728	4808	5692	Terc.Ind.		Caliza y Cgl.	
Orteguaza								Lutita y Arenisca		
12 ¼"	3	HCD605X	BAKER HUGUES	7962	2234	7926	Orteguaza		Lutita y Arenisca	3216
							Tiyuyacu		Arcilla y Chert	
							Tena		Arcilla	
	4	HC604S	BAKER HUGUES	8944	982	8908	Tena		Arcilla	
8 ½"	5	HCD506Z	BAKER HUGUES	9965	1021	9929	Tena		Arcilla	1339
							Napo		Lutita /Caliza/Arenisca	
	6	HCD506ZX	BAKER HUGUES	10283	318	10247	Napo		Lutita /Caliza/Arenisca	
							Hollín		Arenisca/Lutita	

Tabla Nº 53. Campo Centro Oriente Sacha-X5
Elaborado por: Gabriel Rodríguez y Tito Burgos
Fuente: ARCH-Quito

4.5.4. Centro Oriente Sacha –X6

Ø	Nº	TIPO	MARCA	DEPTH OUT	INTER. PERF.	PROF. BROCA	FORMACION	LITOLOGIA	DESCRIPCION	PIES PERF.
16"	1	GTX-CG1	BAKER HUGUES	822	786	-	Terc.Ind.		Caliza y Cgl.	3984
	2	HCD605S	BAKER HUGUES	4020	3198	3984	Terc.Ind.		Caliza y Cgl.	
12 ¼"	3	HCD605X	BAKER HUGUES	7116	3096	7080	Terc.Ind.		Caliza y Cgl.	5370
							Orteguaza		Lutita y Arenisca	
							Tiyuyacu		Arcilla y Chert	
	4	HCD605X	BAKER HUGUES	8080	964	8044	Tiyuyacu		Arcilla y Chert	
	5	MXL-20	BAKER HUGUES	8465	385	8429	Tiyuyacu		Arcilla y Chert	
							Tena		Arcilla	
8 ½"	7	HCM506Z	BAKER HUGUES	11030	1640	10994	Tena		Arcilla	1640
							Napo		Lutita /Caliza/ Arenisca	
							Hollín		Arenisca/Lutita	

Tabla Nº 54. Campo Centro Oriente Sacha-X6
Elaborado por: Gabriel Rodríguez y Tito Burgos
Fuente: ARCH-Quito

4.5.5. Centro Oriente Sacha –X7

Ø	Nº	TIPO	MARCA	DEPHT OUT.	INTER. PERF.	PROF. BROCA	FORMACION	LITOLOGIA	DESCRIPCION	PIES PERF.
16"	1	GTX-CG1	BAKER HUGUES	820	783	-	Terc.Ind.		Caliza y Cgl.	3966
	2	HCD604	BAKER HUGUES	4003	3183	3966	Terc.Ind.		Caliza y Cgl.	
12 ¼"	3	HCD605X	BAKER HUGUES	7500	3497	7463	Terc.Ind.		Caliza y Cgl.	4392
							Orteguaza		Lutita y Arenisca	
							Tiyuyacu		Arcilla y Chert	
	4	HCD605X	BAKER HUGUES	8144	644	8107	Tiyuyacu		Arcilla y Chert	
	5	MXL-20	BAKER HUGUES	8395	251	8358	Tiyuyacu		Arcilla y Chert	
8 ½ "	6	HC505ZX	BAKER HUGUES	11000	2605	10963	Tena		Arcilla	2605
							Napo		Lutita /Caliza/Arenisca	
							Hollín		Arenisca/Lutita	

Tabla Nº 55. Campo Centro Oriente Sacha-X7
Elaborado por: Gabriel Rodríguez y Tito Burgos
Fuente: ARCH-Quito

4.5.6. Centro Oriente Sacha –X10

Ø	Nº	TIPO	MARCA	DEPHT. OUT.	INTER. PERF.	PROF. BROCA	FORMACION	LITOLOGIA	DESCRIPCION	PIES PERF.
16"	1	XR+	SMITH BITS	41	459	-	Terc.Ind.		Caliza y Cgl.	6028
	2	SDI519MH PX	SMITH BITS	500	5012	5471	Terc.Ind.		Caliza y Cgl.	
	2R	SDI519MH PX	SMITH BITS	5512	557	6028	Orteguaza		Lutita y Arenisca	
12 ¼"	3	MSi519HS PXX	SMITH BITS	6069	2406	8434	Tiyuyacu		Arcilla y Chert	3174
	4	SDI419HB PX	SMITH BITS	8475	768	9202	Tena		Arcilla	
8 ½"	5	MDI619LB PX	SMITH BITS	9243	969	10171	Napo		Lutita /Caliza/Arenisca	1277
	6	MDI616LB PX	SMITH BITS	10212	308	10479	Hollín		Arenisca/Lutita	

Tabla N° 56. Campo Centro Oriente Sacha-X10
Elaborado por: Gabriel Rodríguez y Tito Burgos
Fuente: ARCH-Quito

4.5.7. Centro Oriente Sacha –X13

Ø	N°	TIPO	MARCA	DEPHT. OUT.	INTER. PERF.	PROF. BROCA	FORMACION	LITOLOGIA	DESCRIPCION	PIES PERF.
16"	1	XR+CPS	SMITH BITS	510	465	-	Terc.Ind.		Caliza y Cgl.	6363
	2	SDI519MH PX	SMITH BITS	5478	4968	5433	Terc.Ind.		Caliza y Cgl.	
	3	SD519MH BPX	SMITH BITS	6408	930	6363	Orteguaza Tiyuyacu		Arenisca /Lutita y Arcilla/Limolita Arcilla y Arenisca	
12 ¼"	4	MSi519LM HSBPXX	SMITH BITS	7560	1152	7515	Tiyuyacu (Cgl.Superior)		Cgl. Arcilla y Limolita	3752
							Tiyuyacu (Cgl.Inferior)		Cgl. y Arcilla	
	5	GF10BOD UCPS	SMITH BITS	8215	655	8170	Tiyuyacu (Cgl.Inferior masivo)		Cgl. y Arcilla	
							Tena		Arcilla y Limolita	
	6	MSi519HS PXX	SMITH BITS	10160	1945	10115	Tena		Arcilla y Limolita	
							Basal Tena		Arenisca, Limolita y Arcilla	
Napo		Arenisca y Lutita								
8 ½"	7	MDSi616L BPX	SMITH BITS	10404	244	10359	Napo		Arenisca y Lutita	600
							Caliza "A"		Caliza y Lutita	
							Arenisca "U" Superior		Arenisca y Lutita	
	8	MF30BDO DPS	SMITH BITS	10558	154	10513	Napo		Arenisca y Lutita	
							Arenisca "U" Superior		Arenisca y Lutita	
	8R	MF30BDO DPS	SMITH BITS	10760	202	10715	Napo		Arenisca y Lutita	
Arenisca "U" Inferior		Arenisca y Lutita								
6 1/8"	9	XR20DOD 1GVPS	SMITH BITS	10765	5	10720	Napo		Arenisca y Lutita	780
							Arenisca "U" Inferior		Arenisca y Lutita	
	10	MDi516W BPX	SMITH BITS	10926	161	10881	Napo		Arenisca y Lutita	
							Arenisca "U" Inferior		Arenisca y Lutita	
	11	XR20DOD 1GVPS	SMITH BITS	10984	58	10939	Napo		Arenisca y Lutita	
							Arenisca "U" Inferior		Arenisca y Lutita	
	12	XR20DOD 1GVPS	SMITH BITS	11156	172	11111	Napo		Arenisca y Lutita	
							Arenisca "U" Inferior		Arenisca y Lutita	
	13	MDSi516W BPX	SMITH BITS	11540	384	11495	Napo		Arenisca y Lutita	
							Arenisca "U" Inferior		Arenisca y Lutita	

Tabla N° 57. Campo Centro Oriente Sacha-X13

Elaborado por: Gabriel Rodríguez y Tito Burgos

Fuente: ARCH-Quito

4.5.8. Centro Oriente Shushufindi –X1

Ø	N°	TIPO	MARCA	DEPHT. OUT.	INTER. PERF.	PROF. BROCA	FORMACION	LITOLOGIA	DESCRIPCION	PIES PERF.
26"	1	XR+C	SMITH BITS	168	123	-	Terc.Ind.		Caliza y Cgl.	123
16"	2	SDI519MH PX	SMITH BITS	3822	3654	3777	Terc.Ind.		Caliza y Cgl.	5614
	2R	SDI519MH PX	SMITH BITS	5157	1335	5112	Terc.Ind.		Caliza y Cgl.	
	2RR	SDI519MH PX	SMITH BITS	5782	625	5737	Terc.Ind.		Caliza y Cgl.	
	2RRR	SDI519MH PX	SMITH BITS	5782	-	-	Terc.Ind.		Caliza y Cgl.	
12 ¼"	3	MSI519HS PX	SMITH BITS	5797	15	5752	Orteguaza		Lutita y Limolita/ Arenisca y Carbón	3718
	3R	MSI519HS PX	SMITH BITS	8147	2350	8102	Orteguaza		Lutita y Limolita/ Arenisca y Carbón	
							Tiyuyacu		Arcilla, Arenisca y Limolita	
							Tiyuyacu (Cgl.Superior)		Arcilla, Arenisca y Conglomerado	
							Tiyuyacu (Cgl.Inferior)		Conglomerado	
							Tena		Arcilla y Limolita	
	4	MSI519HS PX	SMITH BITS	9007	860	8962	Basal Tena		Arcilla y Arenisca	
							Lutita Napo		Lutita y Caliza	
							5	MSI619VB PX	SMITH BITS	
	Caliza "A"		Caliza y Lutita							
8 ½"	6	MDI616LP X	SMITH BITS	10080	580	10035	Arenisca "T" Superior		Arenisca, Lutita y Caliza	
							Arenisca "T" Superior		Arenisca, Lutita y Caliza	
							Lutita Napo		Lutita y Caliza	
							Hollín		Arenisca y Lutita	
	7	XR+	SMITH BITS	10080	-	-	Arenisca "T" Superior		Arenisca, Lutita y Caliza	
							Arenisca "T" Superior		Arenisca, Lutita y Caliza	
							Lutita Napo		Lutita y Caliza	
							Hollín		Arenisca y Lutita	

Tabla N° 58. Campo Centro Oriente Shushufindi-X1

Elaborado por: Gabriel Rodríguez y Tito Burgos

Fuente: ARCH-Quito

4.5.9. Centro Oriente Shushufindi –X2

Ø	Nº	TIPO	MARCA	DEPHT OUT.	INTER. PERF.	PROF. BROCA	FORMACION	LITOLOGIA	DESCRIPCION	PIES PERF.
26"	1	XR+C	SMITH BITS	190	146	-	Terc.Ind.		Caliza y Cgl.	146
16"	2	SDi519MH PX	SMITH BITS	3946	3756	3902	Terc.Ind.		Caliza y Cgl.	5458
	3	SDi519MH PX	SMITH BITS	5648	1702	5604	Terc.Ind.		Caliza y Cgl.	
12 ¼"	4	MSi519LM HSBPXX	SMITH BITS	9296	3648	9252	Orteguaza		Lutita, Limolita y Arenisca	3648
							Tiyuyacu		Arcilla, Arenisca y Limolita	
							Tena		Conglomerado	
8 ½"	5	MDi616LM PX	SMITH BITS	9950	654	9906	Napo		Lutita, Caliza y Arenisca	654
							Hollín		Arenisca y Lutita	

Tabla Nº 59. Campo Centro Oriente Sushufindi-X2

Elaborado por: Gabriel Rodríguez y Tito Burgos

Fuente: ARCH-Quito

4.5.10. Centro Oriente Shushufindi –X9

Ø	N°	TIPO	MARCA	DEPHT OUT.	INTER. PERE.	PROF. BROCA	FORMACION	LITOLOGIA	DESCRIPCION	PIES PERF.						
26"	1	XR+C	SMITH BITS	192	145	-	Terc.Ind.		Caliza y Cgl.	145						
16"	2R	SDi519MH PX	SMITH BITS	5280	5088	5233	Terc.Ind.		Caliza y Cgl.	5093						
							Orteguaza		Lutita, Limolita y Arenisca							
	2R	SDi519MH PX	SMITH BITS	5285	5	5238	Terc.Ind.		Caliza y Cgl.							
							Orteguaza		Lutita, Limolita y Arenisca							
12 ¼"	3	MSi519LM HSBPXX	SMITH BITS	7646	2361	7599	Orteguaza		Lutita, Limolita y Arenisca	3752						
							Tiyuyacu		Arcilla, Arenisca y Limolita							
							Cgl.Superior		Conglomerado							
							Cgl.Inferior		Conglomerado							
	4	MSi519LM HSBPXX	SMITH BITS	9032	1386	8985	Cgl.Infeior		Conglomerado							
							Tena		Conglomerado							
							Basal Tena		Arcilla, Limolita y Arenisca							
							Lutita Napo		Arenisca y Arcilla							
							Caliza "M-1"		Lutita y Caliza							
							Caliza "M-2"		Lutita y Caliza							
							5	FO5BODC PS	SMITH BITS		9037	5	8990	Caliza "M-2"		Lutita y Caliza
							8 ½"	6	MDi616LB PX		SMITH BITS	9585	548	9538	Lutita Napo	
Caliza "M-2"		Lutita y Caliza														
Caliza "A"		Caliza y Lutita														
Arenisca "U" Superior		Arenisca y Lutita														
Arenisca "U" Inferior		Arenisca y Lutita														
Base Arenisca "U" Inferior		Lutita y Caliza														
Caliza "B"		Caliza y Lutita														
Arenisca "T" Superior		Arenisca y Lutita														
Arenisca "T" Inferior		Arenisca y Lutita														
Base Arenisca "T" Inferior		Lutita y Caliza														
7	MDi616LP X	SMITH BITS	9859	274	9812	Hollín Superior									Arenisca y Lutita	
Hollín Inferior		Arenisca y Lutita														

Tabla N° 60. Campo Centro Oriente Sushufindi-X9

Elaborado por: Gabriel Rodríguez y Tito Burgos

Fuente: ARCH-Quito

4.6. EVALUACIÓN DEL RENDIMIENTO TÉCNICO DE LAS BROCAS

POZOS PIES PEFORADOS	26"	16"	12 ¼"	8 ½ "	6 1/8"	PROFUNDIDAD TOTAL
	BROCAS TOTALES					
SACHA X2	264	5470	4169	1771	-	11674
CANT. BROCAS UTILIZADAS	1	1	5	1	-	8
SACHA X3	-	3973	4347	2354	-	10674
CANT. BROCAS UTILIZADAS	-	2	2	2	-	6
SACHA X5	-	5692	3216	1339	-	9847
CANT. BROCAS UTILIZADAS	-	2	2	2	-	6
SACHA X6	-	3984	5370	1640	-	10994
CANT. BROCAS UTILIZADAS	-	2	4	1	-	7
SACHA X7	-	3966	4392	2605	-	10963
CANT. BROCAS UTILIZADAS	-	2	3	1	-	6
SACHA X10	-	6028	3174	1277	-	11495
CANT. BROCAS UTILIZADAS	-	2	2	2	-	6
SACHA X13	-	6363	3752	600	780	11498
CANT. BROCAS UTILIZADAS	-	3	3	2	5	13
SHUSHUFINDI X1	123	5614	3718	580	-	10035
CANT. BROCAS UTILIZADAS	1	1	3	2	-	7
SHUSHUFINDI X2	146	5458	3648	654	-	9906
CANT. BROCAS UTILIZADAS	1	2	1	1	-	5
SHUSHUFINDI X9	145	5093	3752	822	-	9812
CANT. BROCAS UTILIZADAS	1	1	3	2	-	7

Tabla Nº 61. Intervalo de pies perforados vs. Cantidad de bocas utilizadas

Elaborado por: Gabriel Rodríguez y Tito Burgos

Fuente: ARCH-Quito

Broca con Pies perforados y cantidad de brocas altos 

Broca con Pies perforados y cantidad de brocas bajos 

Broca con Frecuencia de viajes realizados 

Sección 26”

En el pozo Centro-Oriente Sacha -X2 se utilizó 1 broca:

◆ GTX–CG1 SERIE: 5199777 BAKER HUGUES

Con 264 ft obtuvo mayor pie perforado, atravesando en las formaciones Terciado Indiferenciado, con una litología de caliza y conglomerado, se destacó con mayor rendimiento entre las brocas utilizadas en esta sección, entre los pozos evaluados en el campo Sacha y Shushufindi.

Por su buen desempeño se puede continuar usando este tipo de broca durante el desarrollo de este campo, para perforar la parte inicial de la formación superficial del terciario indiferenciado. Para prevenir un desgaste prematuro de la broca y mantener su buen desempeño se debe perforar atendiendo los mismos parámetros con los que se perforó con esta broca.

Sección 16”

En el pozo Centro-Oriente Sacha -X13 se utilizaron 3 brocas:

◆ XR+CPS SERIE: PM5982 BAKER HUGUES

◆ SDI519MHPX SERIE: JF1643 BAKER HUGUES

◆ SDI519MHPX SERIE: JY6067 BAKER HUGUES

Con 6363 ft obtuvo mayor pie perforado, atravesando en las formaciones: Terciado Indiferenciado, con una litología de caliza y conglomerado;

Orteguaza, con una litología arenisca con lutita, arcilla con limolita; y, Tiyuyacu, con una litología arcilla y arenisca que se destacó con mayor rendimiento, entre las brocas utilizadas en esta sección, entre los pozos evaluados en el campo Sacha y Shushufindi.

La broca XR+CPS SERIE: PM5982 BAKER HUGUES trabajó con bajo peso para no perder verticalidad del hoyo. Como característica principal tuvo un desgaste normal leve debido a la perforación. No hubo desgaste considerable en la estructura de corte, la broca SDI519MHPX SERIE: JY6067 BAKER HUGUES al salir a superficie, tiene embolada posiblemente por arrastre en la broca.

Sección 12 ¼"

En el pozo Centro-Oriente Sacha –X6 se utilizaron 4 brocas:

◆ HCD605X	SERIE: 7139196	BAKER HUGUES
◆ HCD605X	SERIE: 7019841	BAKER HUGUES
◆ MXL-20	SERIE: 5196831	BAKER HUGUES
◆ QD604X	SERIE: 7900213	BAKER HUGUES

Con 5370 ft obtuvo mayor pie perforado atravesando en las formaciones: Terciado Indiferenciado con una litología de caliza y conglomerado; Orteguaza con una litología arenisca con lutita, arcilla con limolita; Tiyuyacu con una litología arcilla con chert; y, Tena con una litología con arcilla se destacó con mayor rendimiento entre las brocas utilizadas en esta sección, entre los pozos evaluados en el campo Sacha y Shushufindi.

Se obtuvo un buen rendimiento en la corrida de las brocas, donde se utiliza para pozos, en este campo, broca tricónica para salir completamente de cantos rodados de la sección superficial y a su vez evitar el desgaste prematuro de la broca; en el transcurso de la perforación se trabajó con parámetros controlados para atravesar zonas de arena abrasiva y conglomerados en la formación Orteguzza y Tiyuyacu.

Sección 8 ½"

En el pozo Centro-Oriente Sacha –X7 se utilizaron 2 brocas:

◆ HC505ZX SERIE: 7501010 BAKER HUGUES

Con 2605 ft obtuvo mayor pie perforado atravesando las formaciones Tena con una litología de arcilla; Napo con una litología de lutita con caliza y arenisca; Hollín con una litología arenisca con lutita se destacó mayor rendimiento entre las brocas utilizadas en esta sección, entre los pozos evaluados en el campo Sacha y Shushufindi.

La broca HC505ZX SERIE: 7501010 BAKER HUGUES Al momento de llegar a superficie la broca salió en calibre, se observó desgaste en su estructura de corte externa e interna, y algunos cortadores perdidos en la estructura de corte interna.

4.7. EFICIENCIA DEL RENDIMIENTO DE LA BROCA CON MAYOR FRECUENCIA DE VIAJES REALIZADOS DURANTE LA PERFORACIÓN PARA CADA SECCIÓN

Se establece el rendimiento para cada frecuencia de viajes realizados durante la perforación de cada sección, ya sea 26", 16", 12 ¼", 8 ½", a

través del estudio de las profundidades establecidas en los registros de las brocas, con lo que se podrá dar a conocer cuál ha sido la broca con mayor rendimiento durante la perforación en cada una de las secciones antes mencionadas, teniendo en cuenta cada una de las observaciones y casos que se dan en la broca, sacando las propias conclusiones y recomendaciones a la hora de evaluar el rendimiento técnico de esta.

4.7.1. Eficiencia de la Broca con Menor Frecuencia de Viajes Durante la Perforación en la Sección 26”

Fase Superficial 26”

En la totalidad atravesamos la formación, de arenas poco consolidadas. En la perforación de esta fase se usa una broca tricónica. Para optimizar una buena tasa de penetración se aplican altas revoluciones por minuto (RPM) y galonaje moderado para reducir la fuerza de impacto con la formación, evitando fracturarla, y trabajar al máximo con el efecto de PALEO, propio de las brocas tricónicas.

En la sección 26” no ocurrió ninguna frecuencia de viaje.

4.7.2. Evaluación de Frecuencia de Viajes Realizados Durante la Perforación para la Sección 16”

Fase Intermedia 16”

En esta sección se atraviesa en su mayor parte, la formación de arcillas altamente hidratables que han generado serios problemas al bajar el revestidor. Es por esta razón que algunas empresas que dan servicios de perforación en el área, han venido aplicando la perforación con broca bicéntrica, diseñadas para agrandar la boca del hueco en todos los tipos de formaciones perforables con broca PDC, la cual contribuye a un

hoyo más amplio de hasta 9-1/2”, que garantice una buena corrida del revestidor.

4.7.2.1. Centro Oriente Sacha –X2

BROCA UTILIZADA		MARCA	INTERVALOS PERFORADOS (FT)	DEPTH IN (FT)	DEPTH OUT (FT)
16”	2	HCD605	BAKER HUGUES	333	633
	2R	HCD605	BAKER HUGUES	4248	4881
	2RR	HCD605	BAKER HUGUES	889	5770
PROF.TOTAL PIES PERFORADOS			5470		

Formación a Perforar: Terciario Indiferenciado, Orteguaza

Litología: Caliza y Conglomerados, Lutita y Arenisca

◆ En la **Broca # 2 HCD605, Sección de 16”** se perforó un intervalo total de 333 pies con poco peso y galonaje sobre la broca, para mantener la verticalidad del hoyo y evitar problemas de fracturamiento de la formación. Una vez que se ha perforado hasta la profundidad de 633 pies se circula y se saca a la superficie.

Comentario:

La broca salió en calibre y no presenta desgaste en su estructura de corte.

Conclusiones:

Por sus evidentes resultados se puede continuar usando este tipo de broca durante el desarrollo de este campo, para perforar la parte inicial de la formación superficial del Terciario Indiferenciado.

Para futuros pozos en este sector del bloque usar los mismos parámetros con los que perforó esta broca, para mantener su buen desempeño y prevenir un prematuro desgaste de la misma.

◆ Con la **Broca # 2R HCD605, Sección de 16"** se continua con la perforación, los parámetros se incrementaron gradualmente a medida del avance de la perforación, a la profundidad de 4881 pies (MD) y una vez cumplidas las 40 horas de perforación, según el plan de perforación, se procedió a sacar a superficie la sarta, para realizar el cambio de TFA. En esta corrida se perforó un total de 4247 pies en un total de 30.33 horas, dando un rendimiento promedio efectivo de 140.03 pies/hora.

Comentario:

La broca salió en calibre y no presentó desgaste en su estructura de corte, se amplió el TFA, según programa de perforación, y se continuó perforando con la misma broca.

Conclusiones:

Se recomienda por su comprobado desempeño y por sus excelentes resultados, continuar utilizando este tipo de aplicación durante el desarrollo de este campo y de futuros pozos para perforar el Terciario Indiferenciado.

En pozos venideros en este sector usar los mismos parámetros, puesto que esto ayudará a obtener un buen rendimiento en trabajos de orientación y también durante la rotación.

◆ Con la **Broca # 2RR HCD605, Sección de 16"**, se continua perforando con la misma broca PDC, esta vez con mayor TFA, los parámetros se incrementan gradualmente a medida del avance de la

perforación; se perforó un total de 889 pies en un tiempo de 26:31 horas, dando un rendimiento promedio efectivo de 33.79 pies/hora.

Comentario:

La broca salió en calibre y presentó características de desgaste normal en su estructura de corte WT (dientes gastados).

Conclusiones:

Se aconseja para la perforación de futuros pozos mantener el uso de este tipo de broca. En pozos venideros en este sector usar parámetros óptimos que ayudarán a conservar buen rendimiento en trabajos de orientación y también durante la rotación.

Parámetros recomendados: caudal de 950 @ 1000 GPM, WOB de 10 @ 20 klbs, rotación entre 50 y 70 RPM si las herramientas y las condiciones del pozo lo permiten.

4.7.2.2. Centro Oriente Sacha –X10

BROCA UTILIZADA		MARCA	INTERVALO (FT)	DEPTH IN (FT)	DEPTH OUT (FT)
16"	1	XR+	SMITH BITS	459	500
	2	SDI519MHPX	SMITH BITS	5012	5512
	2R	SDI519MHPX	SMITH BITS	557	6069
PROF.TOTAL PIES PERFORADOS			6028		

Formación a Perforar: Terciario Indiferenciado, Orteguaza.

Litología: Caliza y Conglomerados; Lutita y Arenisca.

- ◆ En la **Broca # 1 XR+, Sección de 16"** inicia el trabajo direccional a 500 ft, durante la construcción del ángulo se mantiene 40 RPM. Una

vez llegado al objetivo direccional se aumenta los RPM a un rango de 60-80, lo cual permite mantener un ROP de 220-240 ft/h.

Comentario:

Se realiza viaje de calibración, en el cual se encuentra la perforación en varios puntos apretados, los cuales necesitan ser repasados para seguir avanzando.

Conclusiones:

Una vez en superficie se observa la broca en muy buenas condiciones, tanto en sus hileras internas como externas, sale en calibre.

- ◆ En la **Broca # 2 SDI519MHPX, Sección de 16”**, una vez el BHA en superficie, se revisa y limpia satisfactoriamente la broca y estabilizador, se quiebra UBHO y se precede a bajar BHA# 3 con la misma broca SDI519MHPX, vestida con 7x13-1X12/32, con T FA: 1.018

Comentario:

Se presentan problemas de colgamiento de la herramienta al momento de deslizar, lo que se ve reflejado en el ROP.

Conclusiones:

Una vez en superficie se observa la broca en muy buenas condiciones, tanto en sus hileras externas e internas, sale en calibre y la razón de salida es por llegar a punto de casing.

- ◆ En la **Broca # 2R SDI519MHPX, Sección de 16”**, en la formación Orteguaza el desempeño logra alcanzar ROP cercanos a 210 ft/hr, posterior en Tiyuyacu su desempeño decrece a valores cercanos de 120 ft/hr.

Comentario:

Se observa que a 100 ft de la base del conglomerado inferior se comienza a parar la rotaria, por lo cual se aumenta la lubricidad al lodo para lograr avanzar en la perforación.

Conclusiones:

No se debe perforar excesivas horas sin viaje de calibración, ya que esta vez se perforaron 75,5 horas, y evitar problemas futuros en el hoyo.

La broca se la puede ver en malas condiciones, con anillamiento en la parte del calibre; fuera de calibre; y, la razón de salida es por cambio de formación.

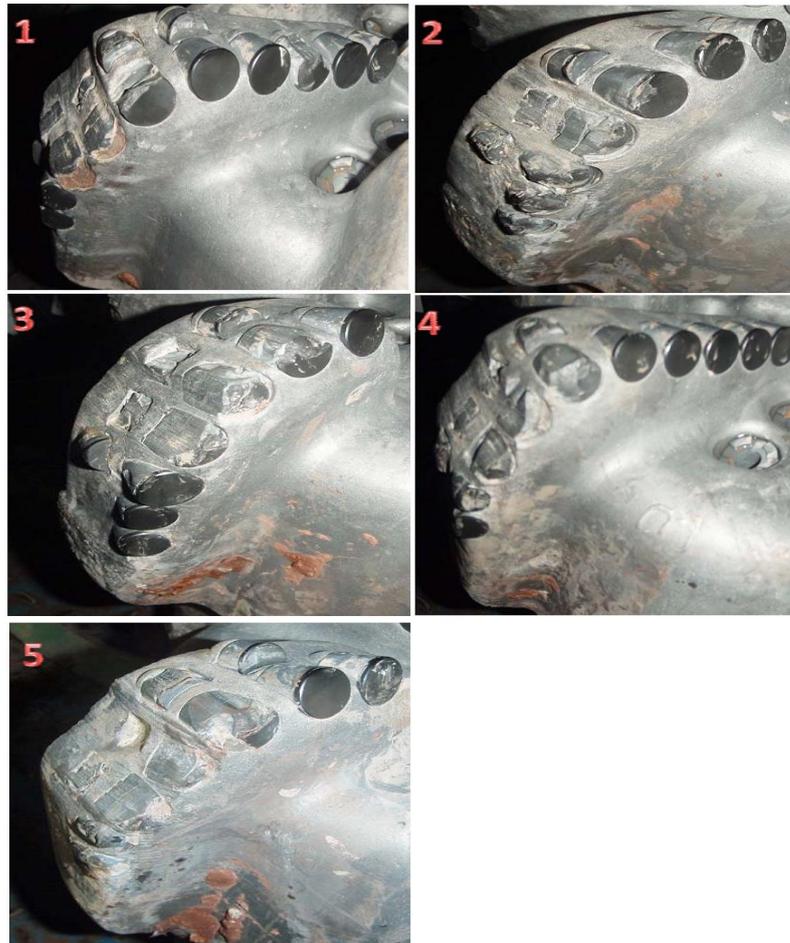


Fig. 56. Broca # 2R SDI519MHPX de 16" del Campo Centro Oriente Sacha – X10, en malas condiciones

Fuente: ARCH – Quito

4.7.2.3. Centro Oriente Shushufindi –X1

BROCA UTILIZADA		MARCA	INTERVALO (FT)	DEPTH IN (FT)	DEPTH OUT (FT)	
16"	2	SDI519MHPX	SMITH BITS	3654	168	3822
	2R	SDI519MHPX	SMITH BITS	1335	3822	5157
	2RR	SDI519MHPX	SMITH BITS	625	5157	5782
	2RRR	SDI519MHPX	SMITH BITS	-	5782	5782
PROF.TOTAL PIES PERFORADOS			5614			

Formación a Perforar: Terciario Indiferenciado

Litología: Caliza y Conglomerados

- ◆ En la **Broca # 2R SDI519MHPX, Sección de 16"**, se perforó fase 16" desde 3822' hasta 5157' deslizando y rotando para iniciar disminución de la inclinación del pozo.

Comentario:

El estabilizador del BHA y broca PDC de 16" embolados 100% con arcillolita, por lo que se limpió estabilizador y broca. Con esta corrida se buscaba continuar la perforación de la fase de 16" direccionalmente, se diseñó un BHA para iniciar el drop, de la curva direccional, del pozo para poder llegar a 0° de inclinación en el punto de casing.

Conclusiones:

Al aplicar un peso mayor, sobre la broca deslizando, a veces de 15 o 20 klbs, el motor se espoleaba, lo que obliga a levantar tubería. Por lo que deslizando se trabajó en ocasiones con poco peso sobre la broca, esto afectó su rendimiento. Al cumplirse las 36 horas de perforación se decidió realizar viaje de calibración y sacar a superficie.



Fig. 57. Broca # 2R SDI519MHPX de 16" del campo Centro-Oriente Shushufindi-X1, Broca y BHA embolados
Fuente: ARCH – Quito

4.7.2.4. Centro Oriente Shushufindi –X9

BROCA UTILIZADA			MARCA	INTERVALO (FT)	DEPTH IN (FT)	DEPTH OUT (FT)
16"	2	SDi519MHPX	SMITH BITS	5088	192	5280
	2R	SDi519MHPX	SMITH BITS	5	5280	5285
PROF.TOTAL PIES PERFORADOS				5093		

Formación a Perforar: Terciario Indiferenciado, Orteguaza

Litología: Caliza y Conglomerado

- ◆ En la **Broca # 2R SDi519MHPX, Sección de 16"**, en superficie, la broca salió con material de arrastre adherido a su cuerpo, producto del viaje, y con su cara limpia.

Comentario:

En la parte del cono y nariz o zona interna no existe desgaste en ninguno de los cortadores.

Conclusiones:

La zona externa, principalmente en la parte del calibre (G) se observa los cortadores astillados y desgastados por abrasión. La broca sale por llegar a punto de revestimiento en calibre.

4.7.3. Evaluación de Frecuencia de Viajes Realizados Durante la Perforación para la Sección 12 1/4"

Fase Horizontal 12 1/4"

Esta sección está constituida por arenas consolidadas e impregnadas de hidrocarburos, para lo cual se requiere el empleo de una broca

de diamantes policristalinos (PDC). Se ha logrado optimizar el diseño de estas brocas para cada campo; por ejemplo, hay zonas donde se ha requerido brocas con matriz reforzada, debido a la alta tasa de desgaste observada durante la perforación

4.7.3.1. Centro Oriente Shushufindi –X1

BROCA UTILIZADA			MARCA	INTERVALO (FT)	DEPTH IN (FT)	DEPTH OUT (FT)
12 ¼ ”	3	MSI519HSPX	SMITH BITS	15	5782	5797
	3R	MSI519HSPX	SMITH BITS	2350	5797	8147
PROF.TOTAL PIES PERFORADOS				2365		

Formación a Perforar: Orteguaza, Tiyuyacu, Tiyuyacu (Cgl.Superior), Tiyuyacu (Cgl.Inferior) y Tena

Litología: Lutita, Limolita, Arenisca y Carbón; Arcilla, Arenisca y Conglomerado

◆ La **Broca # 3 MSI519HSPX, Sección de 12 ¼ ”**, perforó hoyo de 12 ¼ " con motor de fondo, con broca 3R PDC, controlando los parámetros de perforación por estar atravesando conglomerado Superior desde 6655' hasta 6760' con una ROP promedio de 40 pph.; perforó hoyo de 12 ¼ " con BHA # 6 con broca # 3R desde 7575' hasta 8052', controlando por estar atravesando conglomerado Inferior para bajar una nueva broca hasta el final de la sección de 12 ¼ " con los siguientes parámetros: GPM: 840; PB: 3600-3800 PSI; WOP: 20-25 klbs; RPM: 50/112; TRQ: 15-20 klbs-ft; ROP: 41,9 pph.

Por estar atravesando conglomerado Inferior para bajar una nueva broca hasta el final de la sección de 12 ¼ "

Comentario:

Ajustar los Parámetros de la broca dentro del conglomerado.

Conclusión:

Puede ocasionar daño severo a la broca por estar dentro del conglomerado.

4.7.4. Evaluación de Frecuencia de Viajes Realizados Durante la Perforación para la Sección 8 1/2"

Fase Producción 8 1/2"

En algunas ocasiones la fase intermedia se culmina perforando con una broca PDC 8-1/2", cuando por razones geológicas se están corriendo registros de densidad y porosidad (Densidad-Neutrón). Ello debido a que se requiere una lectura más confiable del registro en la formación, por su composición de arenas e intercalaciones de lutitas.

4.7.4.1. Centro Oriente Sacha –X3

BROCA UTILIZADA			MARCA	INTERVALO (FT)	DEPTH IN (FT)	DEPTH OUT (FT)
8 1/2"	5	HCD506Z	BAKER HUGUES	912	8358	9270
	6	LC - 104	INSERPETRO	32	9270	9302
	5R	HCD506Z	BAKER HUGUES	1410	7892	10712
PROF.TOTAL PIES PERFORADOS				2354		

Formación a Perforar: Tena, Basal Tena, Napo, Hollín

Litología: Arcilla, Arenisca, Lutita y Caliza

- ◆ La **Broca # 5 HCD506Z, Sección de 8 1/2"**, en esta sarta direccional y broca PDC se perforó un total de 912 ft en 15.68 horas, con un ROP

neto de 58.15 ft/hr. Adicionalmente se verificó 3 protectores del pad de calibre desgastados.

Comentario:

Al momento de sacar la broca del hoyo a la superficie presentó su Gauge en calibre.

Conclusión:

En su estructura de corte interna y externa no se observó cortador desgastados (NO).

La broca se encontró en buen estado. Por tal razón fue utilizada en la segunda corrida.



Fig. 58. Broca # 5 HCD506Z de 8 ½” del campo Centro Oriente Sacha – X3, Pad del Calibre

Fuente: ARCH – Quito

- ❖ Con esta **Broca # 6 LC-104, Sección de 8 ½”**, se perforan 32 ft de núcleo, ya que constituyó uno de los objetivos secundarios dentro del programa de perforación.

Comentario:

Una vez recuperado el núcleo se procedió a ensamblar el siguiente BHA para terminar la sección 8 ½” y por consiguiente llegar a la profundidad final del pozo.

Conclusión:

Al momento de sacar la broca a la superficie se identificó que mantiene su diámetro nominal, y una evaluación de 95%.



Fig. 59. Broca # 6 LC-104 de 8 ½” del Campo Centro Oriente Sacha – X3 broca sale a superficie mantiene su diámetro nominal

Fuente: ARCH – Quito

- ◆ Con la **Broca # 5R HCD506Z, Sección de 8 ½”**, se perforó la formación Napo y Hollín. Con esta sarta direccional y broca PDC se perforó un total de 1410 ft en 28.92 horas con un ROP neto de 48.76 ft/hr.

Comentario:

Al momento de evaluar la broca en superficie se confirmó que mantiene su diámetro nominal.

Conclusión:

En su estructura de corte interna y externa se observaron cortadores desgastados (WT) en la escala de 1, adicionalmente presentó algunos protectores del pad de calibre astillados.

4.7.4.2. Centro Oriente Sacha –X13

BROCA UTILIZADA		MARCA	INTERVALO (FT)	DEPTH IN (FT)	DEPTH OUT (FT)	
8 ½"	7	MDSi616LBPX	SMITH BITS	244	10160	10404
	8	MF30BDODPS	SMITH BITS	154	10404	10558
	8R	MF30BDODPS	SMITH BITS	202	10558	10760
PROF.TOTAL PIES PERFORADOS			556			

Formación a Perforar: Tena, Basal Tena, Napo, Hollín.

Litología: Arcilla, Arenisca, Lutita y Caliza.

- ◆ La **Broca #7 MDSi616LBPX, Sección de 8 ½"**, deslizó en promedio 50ft por parada, sin lograr alcanzar el objetivo direccional, que era el de levantar inclinación a razón de 3.5 a 4 grados/100 ft. Se tomó la decisión de sacar a la superficie para cambiar diseño de BHA direccional.

Comentario:

Durante la perforación en modo deslizando.

Conclusión:

Variación del tool face y colgamiento lo cual perjudicó al desempeño.

- ◆ La **Broca #8 MF30BDODPS, Sección de 8 ½"**, corrió en promedio 50 ft por parada, sin lograr alcanzar el objetivo direccional, que era el de levantar inclinación a razón de 3.5 a 4 grados/100 ft. Por disposición del departamento de geología Rio Napo CEM, para perforación de 8 ½ " sección a 10760 ft, por haber llegado al punto de asentamiento de 7" liner, se saca a la superficie para cambiar diseño de BHA direccional.

Comentario:

Al momento de evaluar la broca en superficie se confirmó que mantiene su diámetro nominal.

Conclusión:

Durante toda la corrida se trabajó con alto WOB debido a los problemas de colgamiento en la sarta.

- ◆ Direccionalmente alcanzo el objetivo y aterrizo en Arenisca "U" Inferior, sin mayores problemas, consiguiendo una inclinación de 86.67 grados.

CAPÍTULO V
INFORMACIÓN GENERAL DEL POZO

5. INFORMACION GENERAL DEL POZO

5.1. COMPARACIONES DE LOS POZOS EVALUADOS

La información que se utilizó como referencia de los 10 pozos estudiados o con problemas en la broca, permitió evaluar los pozos en lo referente a:

- ❖ Planificar propuestas técnicas para la optimización del rendimiento de las brocas en la perforación de pozos en el Centro-Oriente ecuatoriano.
- ❖ Tipos de brocas - Calificación de la broca.
- ❖ Propiedades del pozo - Geología del pozo y perforación de la broca.
- ❖ Problemas causados, por las brocas utilizadas para la perforación, en la continuidad de cada sección perforada.
- ❖ Recomendar, según los indicadores, soluciones para evitar los problemas en las brocas, en base a la evaluación desarrollada en este estudio.
- ❖ Características de los tiempos de Perforación vs Profundidad.
- ❖ Identificación y evaluación de los NTP (Tiempos No Productivos).

La información que se obtenga será la base de este proyecto, ya que representa importante ayuda para la elaboración de la misma; en este estudio se compararan 30 pozos, de los cuales 10 fueron seleccionados con problemas de broca, para poder obtener su evaluación.

Las brocas utilizadas para la perforación de pozos, las tricónicas y de PDC, son las estudiadas en este proceso, a medida que se atraviesa una formación se requiere una de ellas dependiendo de la litología. En el análisis comparativo para determinar el rendimiento de la broca, específicamente en la sección de producción de 12 ¼ y 8 ½”, resultó de este estudio lo siguiente:

- ◆ El rendimiento de la broca depende básicamente del intervalo perforado, tomando en cuenta los parámetros de perforación como del tipo de broca, del ROP, RPM, WOB, GPM, y específicamente del peso del lodo. Sin duda este fluido es la base fundamental para la perforación de pozos, ya que sin el mismo la broca no puede seguir su progreso, si baja la densidad del lodo podría causar un embolamiento, lo que con lleva a la paralización de la perforación obteniéndose pérdidas económicas.
- ◆ Otro motivo significativo es el tipo de broca a emplear, ya que a medida que se atraviesa una formación litológica, se cambia la broca por el desgaste de la misma o por problemas en lo referente a su estructura de corte.
- ◆ Por otro lado , cada vez que se cambia de broca por el desgaste o por el tipo de formación, se detiene el proceso de perforación, lo que incide en pérdidas ya sea por el NPT (Tiempo No Productivo), o por paradas significativas.

A continuación, en la tabla informativa de datos, se mencionan todas las recopilaciones de los parámetros que se obtuvieron en este proyecto, ya que significan un aporte importante para la elaboración de esta tesis, describimos lo siguiente:

5.2. LECCIONES APRENDIDAS Y RECOMENDACIONES

La evaluación del rendimiento técnico de las brocas de perforación en el campo Centro-Oriente ecuatoriano, especialmente Sacha y Shushufindi, mediante este estudio, ayudó a obtener suficiente información por medio de datos requeridos para el mismo.

La broca empleada para la perforación, representa un alto requisito para las operaciones descritas, ya que brinda una gran ayuda a medida que se atraviesa una formación.

Se decide el tipo de broca a emplear si en caso se puede cambiar la misma, según la geología o estructura de la formación, para obtener un mayor rendimiento y optimizar el tiempo de producción y desgaste de la broca.

Se fundamenta específicamente este proyecto en el rendimiento y evaluación de las brocas utilizadas para la perforación en los diferentes campos descritos anteriormente. Por lo cual, a continuación se dan algunas recomendaciones en los diversos campos estudiados y que son los siguientes:

5.2.1. Centro Oriente Sacha X-2

Sección 12 ¼"

Problema	Causa	Acción	Lección Aprendida	Recomendación
Problema en la dirección del pozo mantener la tangente en la sección	Desgaste prematuro del estabilizador y la camisa del motor, haciendo que el BHA no respondiera de acuerdo con el plan	Sacar BHA a superficie y cambiar estabilizadores	En pozos tipo J donde se perfora manteniendo tangente a través de los conglomerados es importante asegurar la calidad del re-dress de los estabilizadores	Se recomienda una supervisión de seguridad en el re-dress de los estabilizadores
Fuga en el washpipe	Lavado del sello del washpipe	Cambio del mismo		Realizar un mantenimiento preventivo del washpipe.
Embolamiento de la broca en formación Tena	Necesidad de aplicar alto peso en la broca con parámetros reducidos por limitaciones de torque	Bombear píldoras y sacar al conglomerado a reparar para limpiar	En vista de las limitaciones de torque, se debe implementar practicas preventivas de embolamiento	Mientras se perfora secciones arcillosas y para prevenir el embolamiento, bombear píldoras dispersas en cada parada y tándem de dispersa/viscosa cada dos paradas

Sección de 26"

N/A

Sección de 16"

5 Hrs NPT. Falla MWD viaje a superficie para cambio del mismo

33.5 Hrs velocidad de bajada de casing no planeada

Sección de 12 ¼"

18.0 Hrs Viaje no planeado a superficie para cambio BHA

2.0 Hrs. Cambio de wash pipe

4.0 Hrs. 2 x micro viaje a Conglomerado Inferior para limpiar broca

0.5 Hrs. Repara fuga de aire en el clutch del malacate

Sección de 8 1/2"

N/A

1-Dec-11 @ 22:00
30-Dec-11 @ 23:00
26-Dec-11 @ 01:35
30-Dec-11 @ 22:59
24.15

Fecha de Inicio
24.15
Fecha Actual:
29.04
Fecha Estimada Terminación :
26.42
Fecha Actual Terminación :
28.94
Tiempo Planeado :
63.00
% Tiempo Productivo
91.0%

Tiempos a profundidad actual
24.15
Tiempo según plan
29.04
Tiempo Real
26.42
Tiempo limpio
28.94
Tiempo sin NPT Rig
63.00
Total: NPT (hr):
91.0%

Río Napo
Sacha 265D
CPV-16
SACHA
11710

Operadora:
Pozo:
Taladro:
Campo:
Prof. Actual (pies, MD)

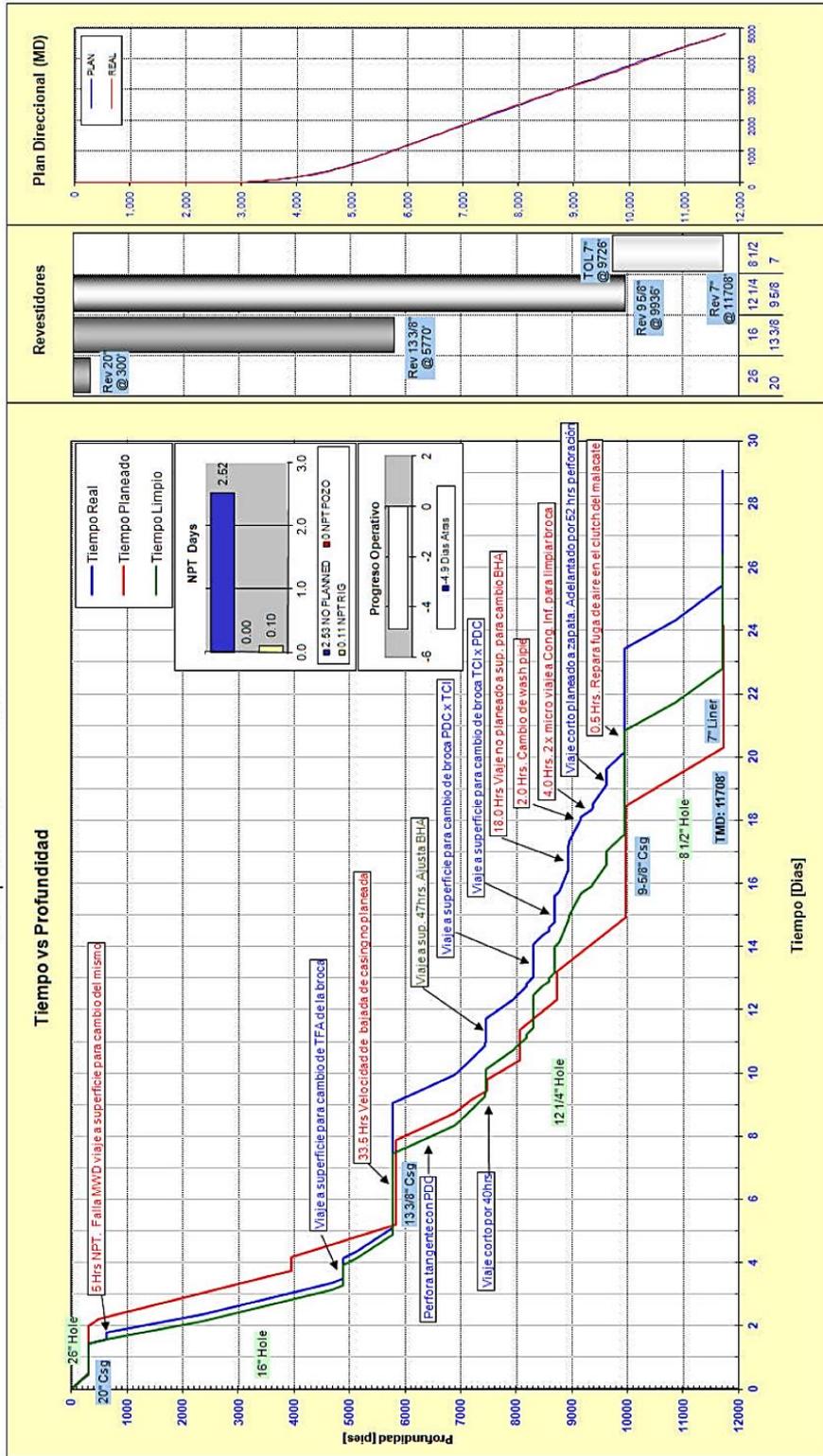


Gráfico N° 11. Curva de Tiempo vs Profundidad - Centro Oriente Sacha X-2

Elaborado por: Gabriel Rodríguez y Tito Burgos

Fuente: ARCH – Quito

5.2.2. Centro Oriente Sacha X-3

Sección 16"

Problema	Causa	Acción	Lección Aprendida	Recomendación
Fuga en el codo de 6" del Jet Cellar	Desgaste en el material	Soldó codo	En el Cellar Jet existen dos piezas críticas, la boquilla y el codo. Es necesario cambiar el codo cada dos pozos	Debido a que el codo del Cellar Jet del taladro CVP-16 es una sola pieza en conjunto, se recomienda que el codo sea con rosca y cedula 80

Sección de 16"

0.5 Hrs NPT: Fuga en el Codo de 6" del Cellar Jet

Sección de 12 ¼"

N/A

Sección de 8 ½"

2.5 Hrs NPT: Caída de presión en el sistema de circulación

3.5 Hrs NPT: Registro eléctrico no pasa a 10380'. Intenta segunda carrera con sarta corta. No pasa a 10025'

Operadora: Baker Hughes	Río Napo Sacha 267D	Tiempos a profundidad actual 24.01	Fecha de Inicio 20-Ene-2013
Pozo: CPV-16	Taladro: SACHA	Tiempo según plan 20.48	Fecha Actual: 10-Feb-2013
Campo: SACHA	Prof. Actual (pies, MD) 10712	Tiempo limpio 20.21	Fecha Estimada Terminación: 13-Feb-2013
		Tiempo sin NPT Rig 6.50	Fecha Actual Terminación: 10-Feb-2013
		Tiempo Planeado: 24.01	
		Tiempo Productivo 98.7%	

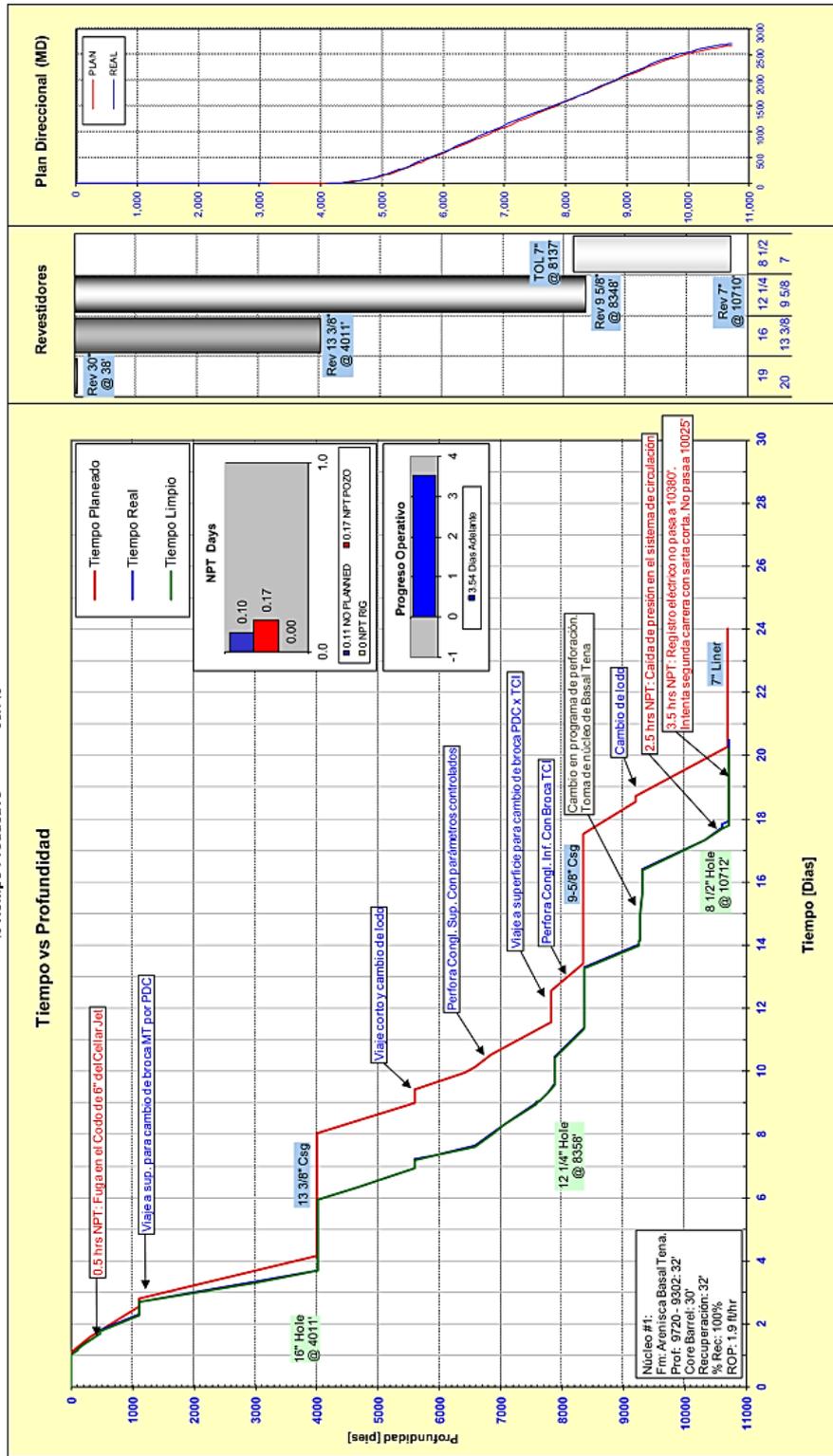


Gráfico Nº 12. Curva de Tiempo vs Profundidad - Centro Oriente Sacha X-3

Elaborado por: Gabriel Rodríguez y Tito Burgos

Fuente: ARCH – Quito

5.2.3. Centro Oriente Sacha X-5

Sección 8 ½"

Problema	Causa	Acción	Lección Aprendida	Recomendación
Optimización de perforación a través de chalcana	Estrategia de brocas para la sección de 16"	Segunda carrera de 16" con broca de 4 aletas	El uso de la broca de 4 aletas HCD604, con un TFA optimizado de 0.9603 in ² entregó un muy buen desempeño completando la carrera en 43hrs para un ROP promedio de 115.6 ft/hr	Se recomienda el uso de esta broca mucho más agresiva para perforar óptimamente y en una carrera el intervalo de 16".el taladro debe prepararse para manejar el rápido flujo de ripios

Sección de 26"

N/A

Sección de 16"

N/A

Sección de 12 ¼"

Fuga del pin de sacrificio NPT 2 Hrs, PDVSA.

Se doblan Brazos del casing drive NPT 1 Hr, PDVSA.

Fuga del pin de sacrificio, NPT, 1 Hr PDVSA.

Sección de 8 ½ "

Corre BHA de Pesca, NPT, 54 Hrs INTEQ

02-Jul-2012	Fecha de Inicio
20-Jul-2012	Fecha Actual:
23-Jul-2012	Fecha Estimada Terminación:
20-Jul-2012	Fecha Actual Terminación:
21.52	Tiempo Planeado:

Río Napo	Tiempos a profundidad actual	21.52
Sacha 281D	Tiempo segun plan	18.40
CPV-16	Tiempo Real	15.98
SACHA	Tiempo limpio	18.23
10283	Tiempo sin NPT Rig	58.00

Operadora:	Baker Hughes
Pozo:	Sacha 281D
Taladro:	CPV-16
Campo:	SACHA
Prof. Actual (pies, MD)	10283

Total: NPT (hr):	58.00
% Tiempo Productivo	86.9%

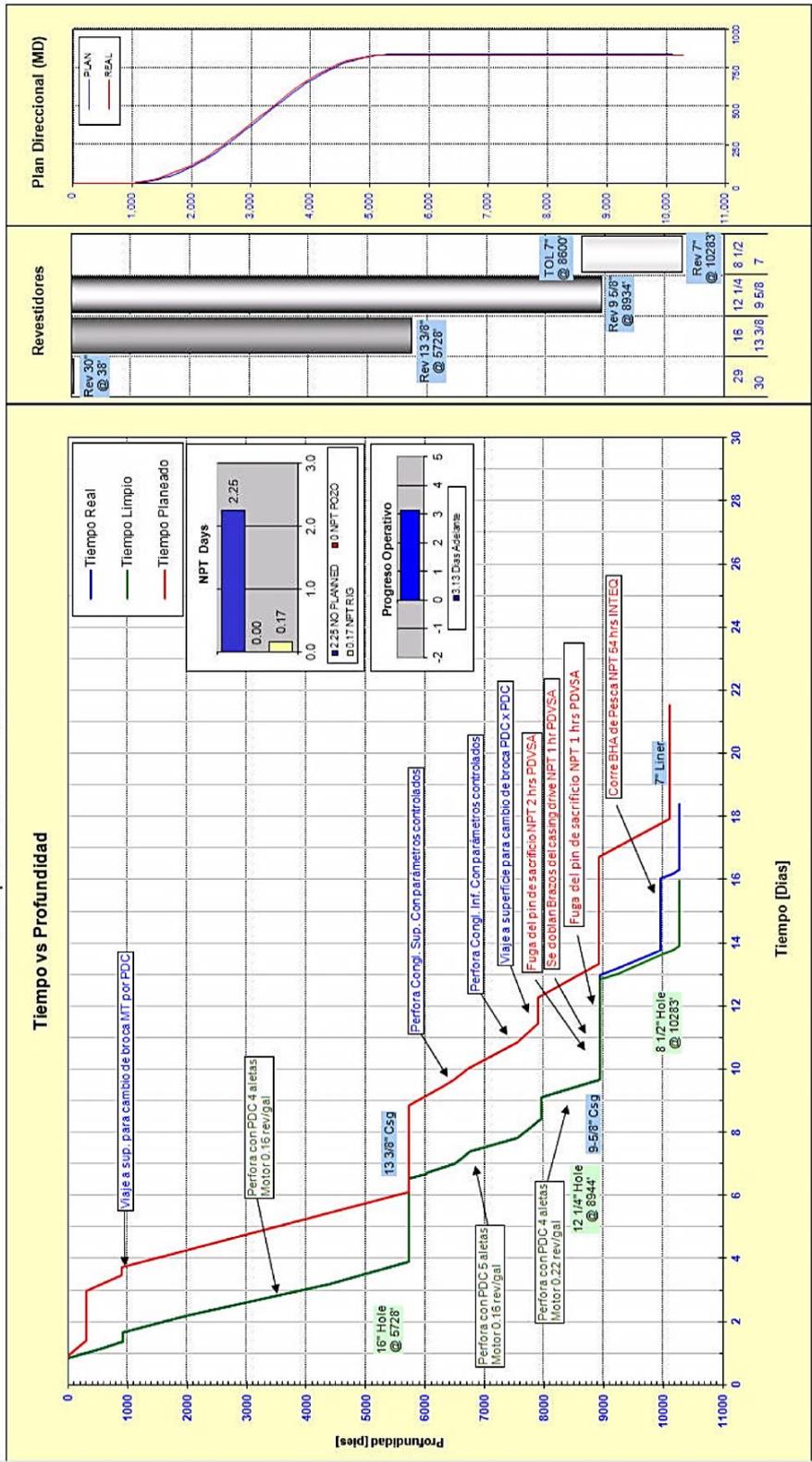


Gráfico Nº 13. Curva de Tiempo vs Profundidad – Centro-Oriente Sacha X-5

Elaborado por: Gabriel Rodríguez y Tito Burgos

Fuente: ARCH – Quito

5.2.4. Centro Oriente Sacha X-6

Sección 16"

Problema	Causa	Acción	Lección Aprendida	Recomendación
Bajo ROP en los primeros 150'	Embolamiento de broca y pérdida de un Jet	Sacó a superficie. Limpió broca e instaló jet	Es necesario establecer un balance entre caudal y avance que permita perforar con ROP aceptable sin inducir fracturas superficiales y evitando embolamiento. Iniciar con 50 gpm y aumentar 50 ppm/100ft	Asegurarse que los accesorios en este caso o-ring, snap ring y boquillas se encuentren en perfecto estado antes de ser instalados , para evitar problemas de caída de los mismos en el transcurso de las operaciones

Sección de 26"

N/A

Sección de 16"

1 Hr NPT Baja ROP. Se saca a superficie y se observa jet perdido

Sección de 12 ¼"

3 Hrs NPT, Cambio de saver sub.

15.5 Hrs NPT Viaje para cambio del MWD en el BHA.

Sección de 8 ½"

15.5 Hrs NPT Reparación de malacate

Operadora:	Río Napo	Tiempos a profundidad actual	Fecha de Inicio
Pozo:	Sacha 282D	Tiempo según plan	24.36
Taladro:	CPV-16	Tiempo Real	19.67
Campo:	SACHA	Fecha Estimada Terminación	25-Aug-2012
Prof. Actual (pies, MD)	11030	Fecha Actual Terminación	20-Aug-2012
		Tiempo limpio	18.81
		Tiempo sin NPT Rig	19.58
		Tiempo Planeado	24.36
		Total: NPT (hr):	20.50
		% Tiempo Productivo	95.7%

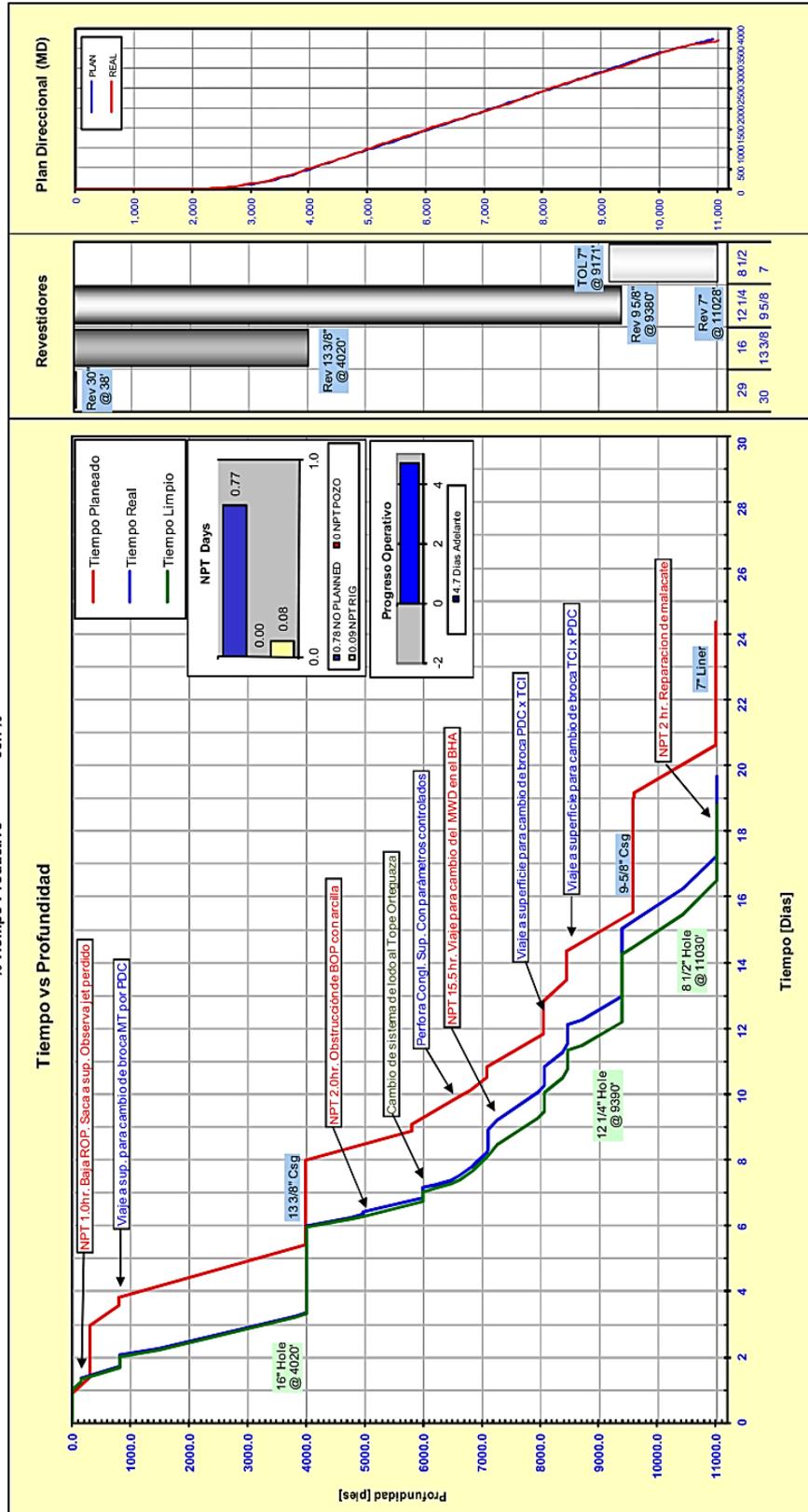


Gráfico Nº 14. Curva de Tiempo vs Profundidad, Centro-Oriente Sacha X-6

Elaborado por: Gabriel Rodríguez y Tito Burgos

Fuente: ARCH – Quito

5.2.5. Centro Oriente Sacha X-7

Sección 12 ¼"

Problema	Causa	Acción	Lección Aprendida	Recomendación
Baja ROP al salir del Conglomerado Superior	Desgaste en cortadores internos y externos de la broca, cortadores rotos en la parte externa y pérdida de calibre (1/16")	Sacó BHA # 3 hasta superficie para cambio de broca, motor y estabilizador	Manejar los parámetros de perforación de manera que la broca no sufra desgaste prematuro	Atravesando los conglomerados, reducir los parámetros de perforación de acuerdo con el factor de rev/gal del motor de fondo, de manera que se obtengan 150 rpm en fondo. Controlar la ROP a un rango entre 30-35 ft/hr

Sección de 26"

N/A

Sección de 16"

1 Hr NPT Baja ROP. Saca a superficie. Observa jet perdido

Sección de 12 ¼"

3.5 Hrs NPT, Taponamiento del BOP y Niple campana

2.5 Hrs NPT, Cambio de pin de sacrificio y centraliza top drive.

9.5 Hrs NPT, Viaje a superficie. Cambio de broca.

Sección de 8 ½"

12.5 Hrs NPT, Registros eléctricos no pasan a 9716'. Realiza viaje de calibre BHA simulado. Registros eléctricos no pasan a 10500'.

Registros con tubería no pasan a 10541'. Saca registrando 10525' a 8395' (U Inf.). Realiza viaje de calibre con String Mill. Viaje de calibración con sarta convencional. Viaje de calibración a la zapata de 9 5/8.

Operadora:	Río Napo	Tiempos a profundidad actual	Fecha de Inicio
Pozo:	Sacha 283D	Tiempo según plan	22.46
Taladro:	CPV-16	Tiempo Real	26.25
Campo:	SACHA	Tiempo limpio	20.44
Prof. Actual (pies, MD)	11000	Tiempo sin NPT Rig	26.15
		Tiempo Planeado :	23.62
		Total: NPT (hr):	139.50
		% Tiempo Productivo	77.9%

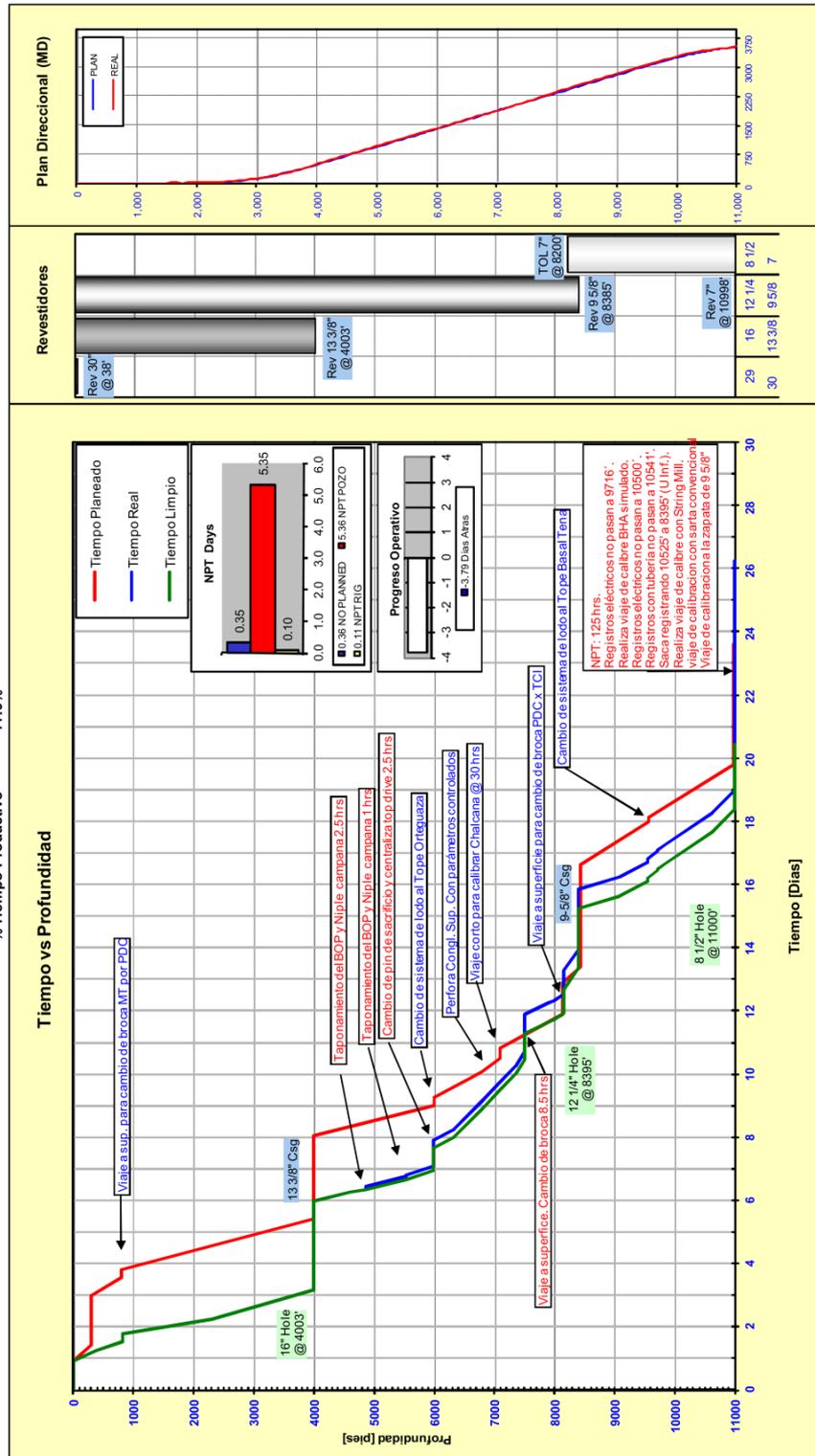


Gráfico Nº 15. Curva de Tiempo vs Profundidad Centro-Oriente Sacha X-7

Elaborado por: Gabriel Rodríguez y Tito Burgos

Fuente: ARCH – Quito

5.2.6. Centro Oriente Sacha X-10

Sección 12 ¼"

Problema	Causa	Acción	Lección Aprendida	Recomendación
Extensión considerable del tiempo de perforación y por consecuencia también el tiempo de viaje	El desgaste de la broca fue el mayor limitante	Para atravesar el paquete de conglomerados de Tena hay que programar tres corridas de BHA	De esta manera se pueden evitar dificultades como las vistas en este pozo en las cuales el desgaste fue el mayor de los dificultades	Se recomienda utilizar una broca tricónica

Sección 8 ½"

Problema	Causa	Acción	Lección Aprendida	Recomendación
Problema en la broca usada (Smith, MDI616LBPX) De 19 mm.	Mostró un desgaste mayor del usual	Empezar corrida con una broca de 16 mm.	Si bien es cierto no se controlaron parámetros por condiciones adversas, se estuvo muy cerca del límite máximo de torque del top drive. Una mejora de estas condiciones podría representar una oportunidad de mejora y optimización del ROP	Se recomienda el uso de lubricante en el sistema, para de esta forma reducir el torque en fondo.

Sección de 16"

Falla Prueba de BOP.

Sección de 12 ¼"

Realiza pruebas de pack off.

Sección de 8 ½"

Cambio de BOP.

Cambio de Broca.

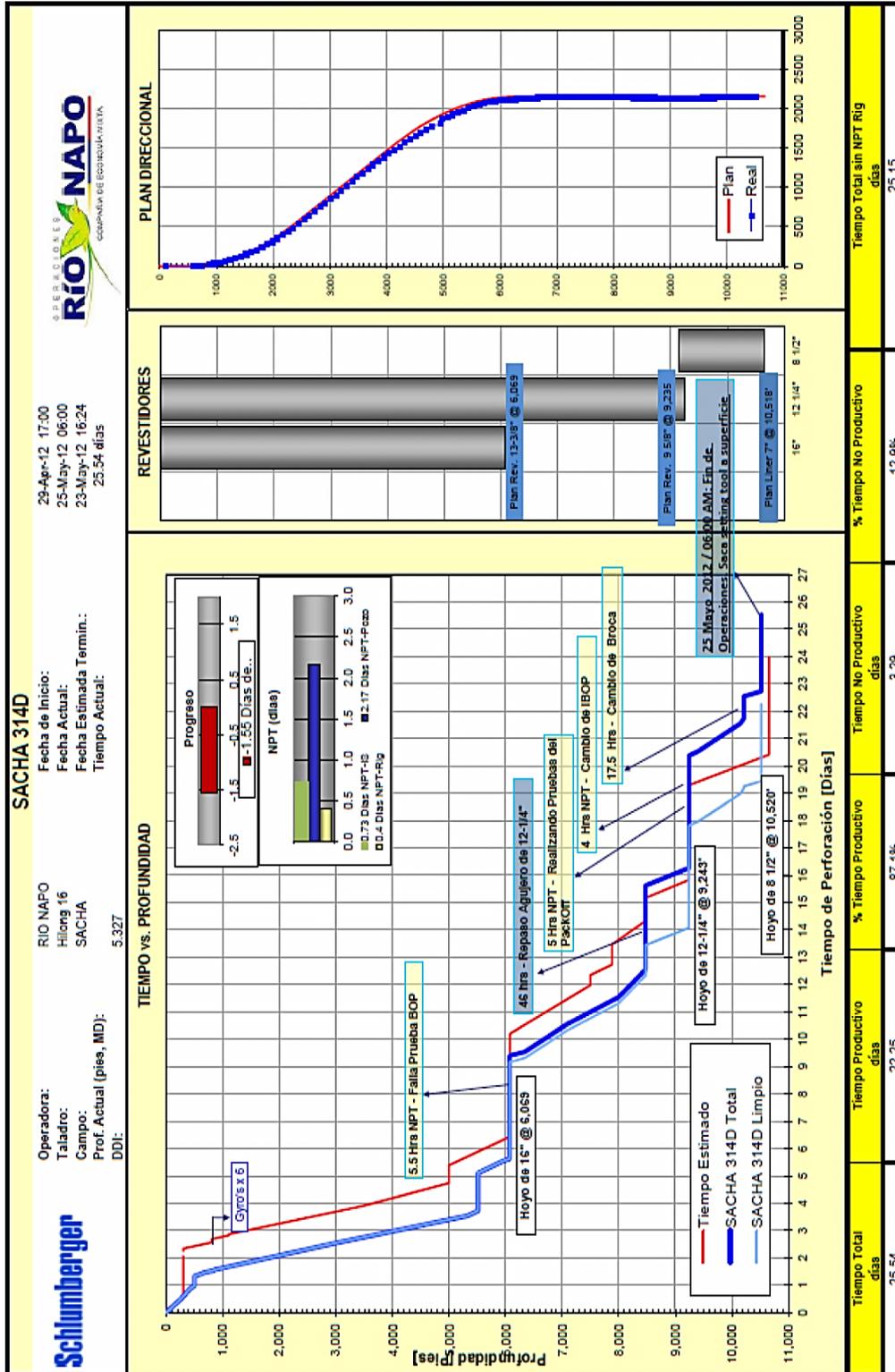


Gráfico N° 16. Curva de Tiempo vs Profundidad Centro-Oriente Sacha X-10

Elaborado por: Gabriel Rodríguez y Tito Burgos

Fuente: ARCH – Quito

5.2.7. Centro Oriente Sacha X-13

Sección 12 ¼"

Problema	Causa	Acción	Lección Aprendida	Recomendación
Reducir caudal	Evitar desgaste innecesario de la broca	Controlar los parámetros de perforación	Reducir caudal a 700 GPM En la zona de conglomerados	Perforar con el mayor galonaje posible para evitar embolamiento de la broca

Sección de 16"

N/A

Sección de 12 ¼"

N/A

Sección de 8 ½"

N/A

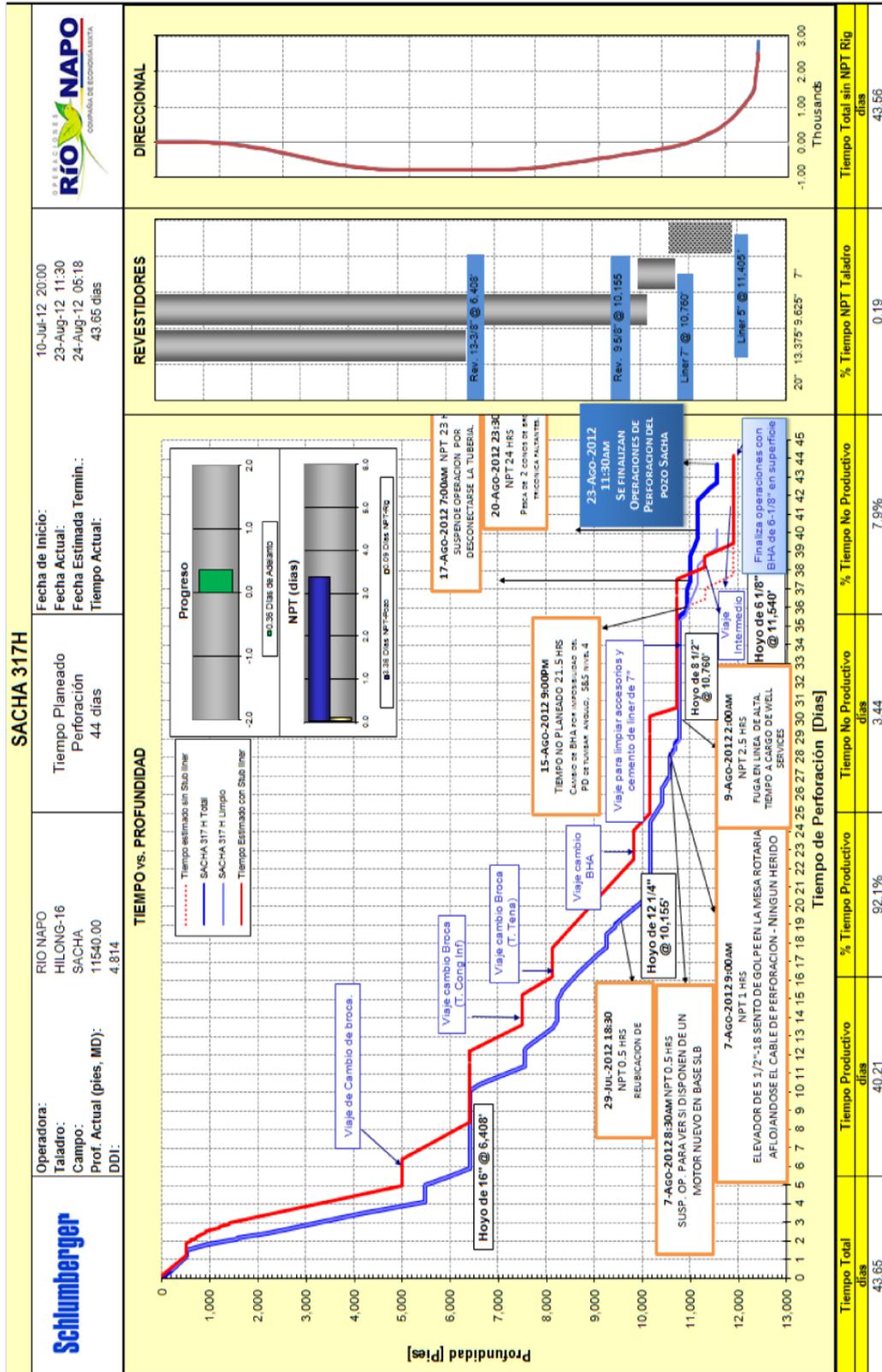


Gráfico N° 17. Curva de Tiempo vs Profundidad Centro-Oriente Sacha X-13

Elaborado por: Gabriel Rodríguez y Tito Burgos

Fuente: ARCH – Quito

5.2.8. Centro Oriente Shushufindi X-1

Sección 16"

Problema	Causa	Acción	Lección Aprendida	Recomendación
Embolamiento en la broca y BHA en Formación Tena	Cambio con la nueva broca PDC	Para evitar el embolamiento en Tena perforo con HSI > 2.5	Asegurarse de perforar 20 ft dentro de la Formación Tena antes de realizar cambio de broca.	Asegurarse de comenzar la perforación con al menos 850 GPM. Tener materia desembolante en el campo

Sección 26"

Asentamiento del revestidor de 20" a 168 pies.

Sección 16"

Taponamiento del tubo de campana por acumulación de gumbo y sólidos. BHA#3 tiende a tumbar ángulo.

Sección 12 ¼"

Fin de sección en 8.2°.

Sección 8 ½"

Altos valores de torque en el drillout.

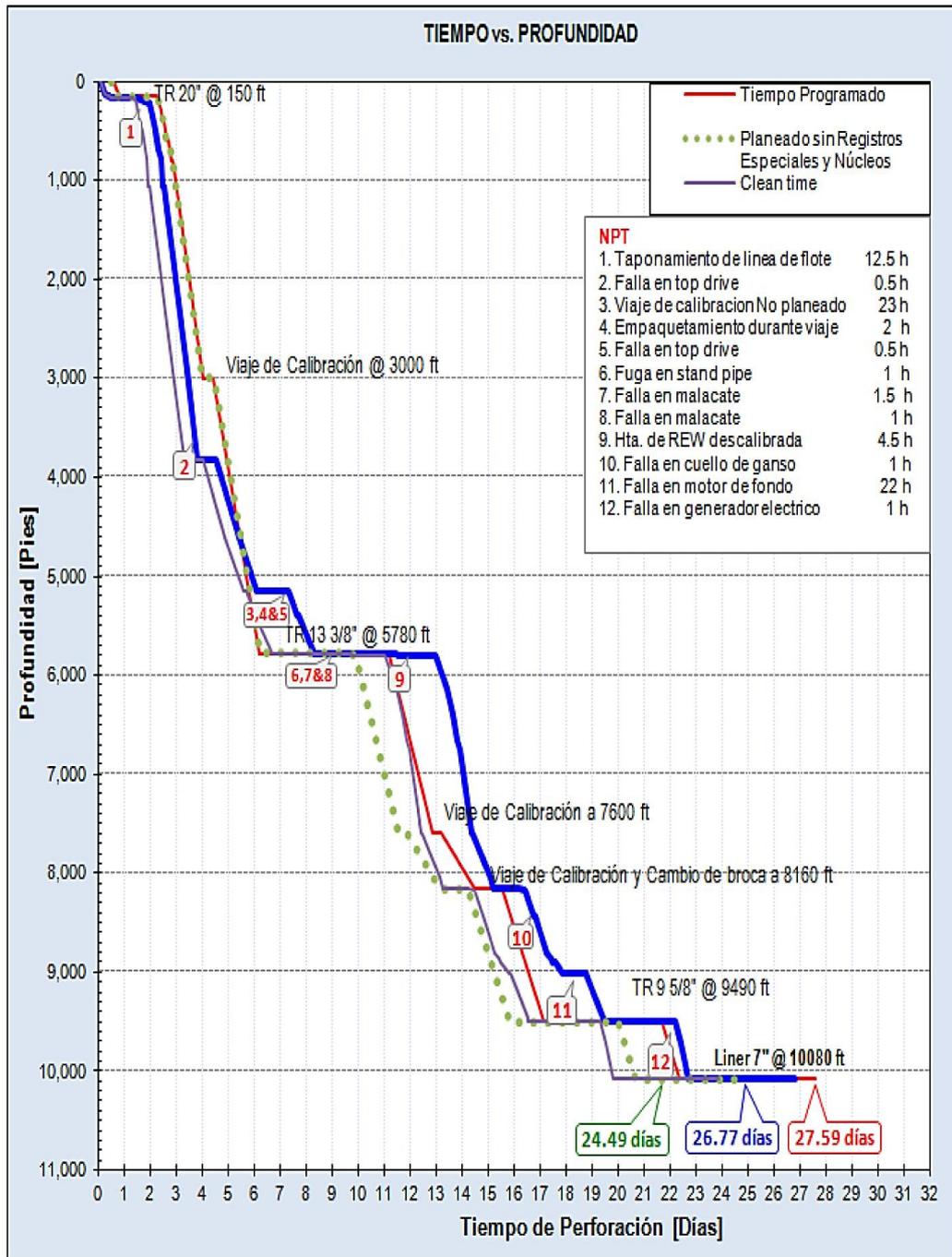


Gráfico Nº 18. Curva de Tiempo vs Profundidad Centro-Oriente Shushufindi X-1

Elaborado por: Gabriel Rodríguez y Tito Burgos

Fuente: ARCH – Quito

5.2.9. Centro Oriente Shushufindi X-2

Sección 16''

Problema	Causa	Acción	Lección Aprendida	Recomendación
ROP promedio	ROP promedio mayores a 100 pph	Diseño de BHA#2	Operación eficiente	Diseño de BHA#2 recomendado para construir y mantener el ángulo.

Sección 12 ¼''

Problema	Causa	Acción	Lección Aprendida	Recomendación
ROP disminuido	ROP disminuido luego de atravesar conglomerados	Evaluación de perforabilidad en la Formación Tena	En caso de observar ROP disminuido	Sacar para cambio de broca

Sección de 26''

Problemas de limpieza en el pozo.

Sección de 12 ¼''

ROP disminuyó luego de atravesar Conglomerados.

Sección de 8 ½''

Inestabilidad de presiones al cementar el liner 7.

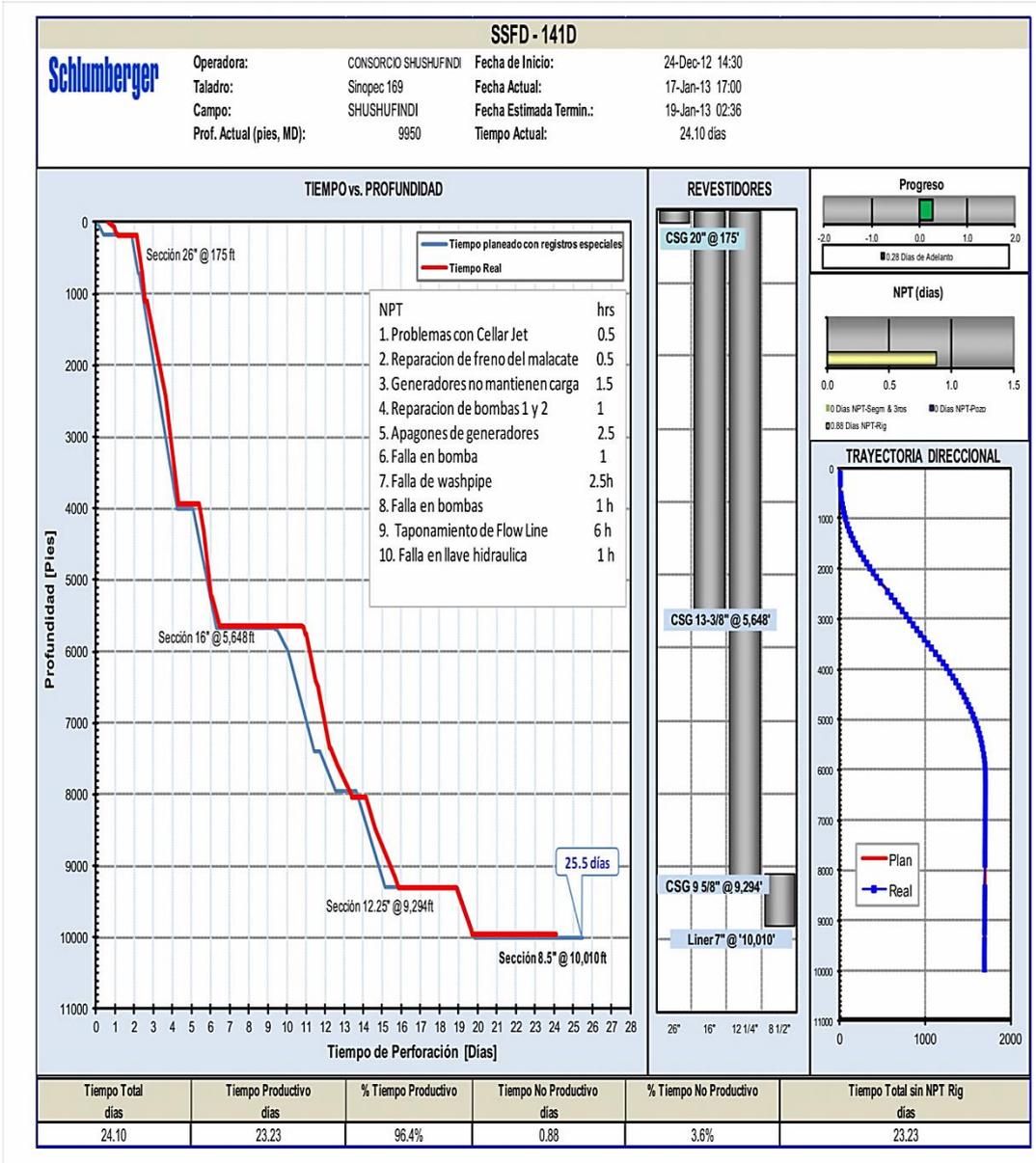


Gráfico Nº 19. Curva de Tiempo vs Profundidad Centro-Oriente Shushufindi X-2
 Elaborado por: Gabriel Rodríguez y Tito Burgos
 Fuente: ARCH – Quito

5.2.10. Centro Oriente Shushufindi X-9

Sección 26”

Problema	Causa	Acción	Lección Aprendida	Recomendación
Fuga por codo de salida de Jet Cellar	Salida por fuga de codo de Jet Cellar	Verificar el Jet Cellar	Implementar esta evaluación que se recomienda como parte de la prueba de aceptación del equipo, previo al inicio de la etapa de perforación	Verificar el estado de la línea de succión del Jet Cellar

Sección 16”

Problema	Causa	Acción	Lección Aprendida	Recomendación
La broca y el BHA #2 sale embolada	Embolada de broca y BHA	Revisar la correcta concentración de los aditivos dispersantes y anticreación en el fluido de perforación, así también, la calidad de las píldoras de baja reología y de barrido para eliminar Revisar los diseños hidráulicos	Para llegar a valores altamente posibles se debe revisar cada uno de los factores accionados en la embolada de la broca y BHA	Mover los ripios que se alojen bajo la sarta, maximizando la rotación de la tubería y el caudal en el momento que se circula

Sección 26”

NPT. Observa fuga por codo de salida cellar jet.

Sección 16”

La broca el BHA#2 sale embolada. Se ejecutó viaje con backreaming en varios intervalos.

Sección 8 ½”

Pérdidas de circulación durante la perforación, viajes y corrida del liner.

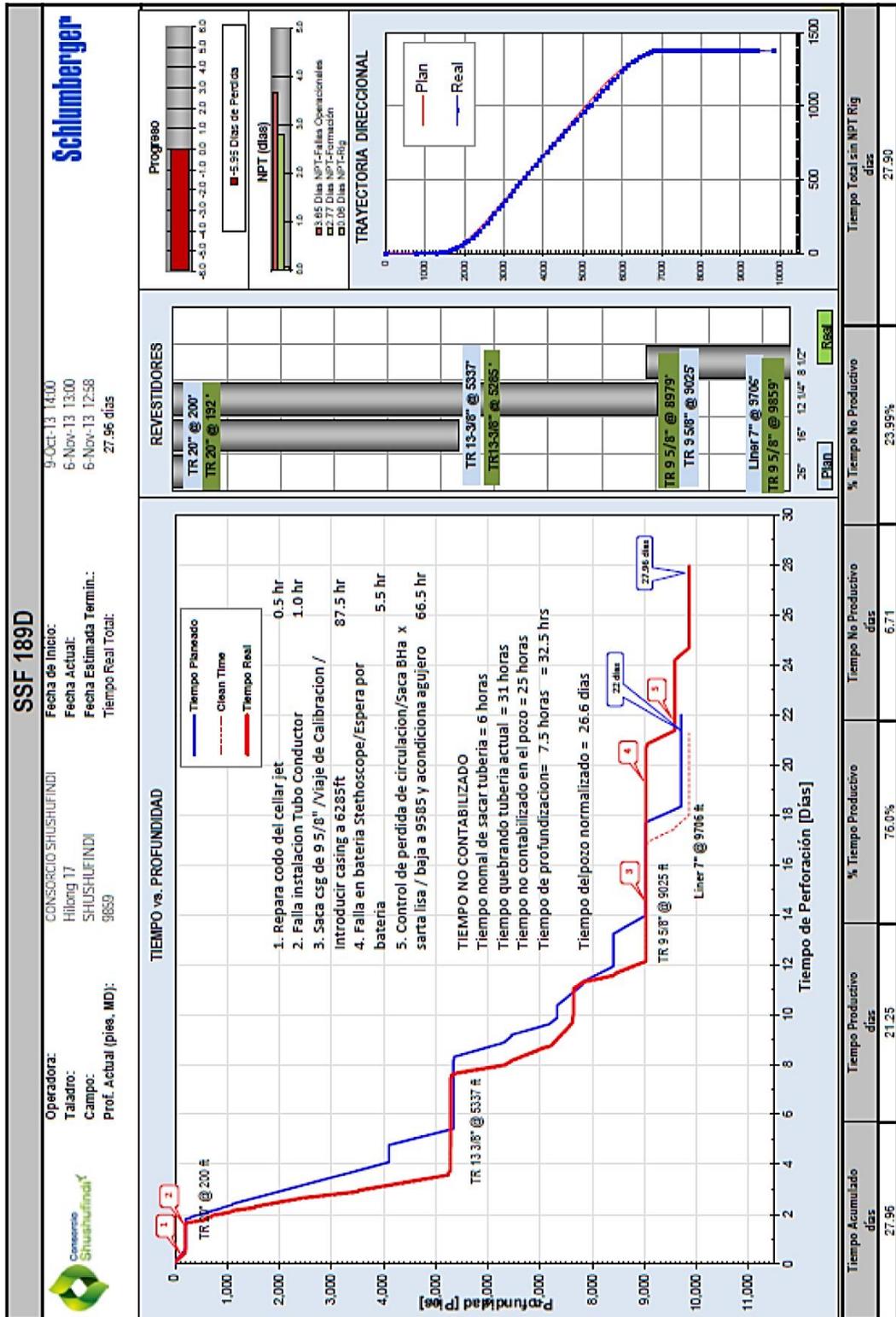


Gráfico Nº 20. Curva de Tiempo vs Profundidad Centro-Oriente Shushufindi X-9
 Elaborado por: Gabriel Rodríguez y Tito Burgos
 Fuente: ARCH – Quito

5.3. ANÁLISIS DEL TIEMPO PRODUCTIVO Y NO PRODUCTIVO

Este análisis busca la identificación de sistemas operacionales que fijen la eficiencia del tiempo productivo como también del no productivo, que son la causa fundamental para la ineficiencia de la broca. A partir de estos parámetros se determinará si deben optimizar sus equipos y los parámetros de perforación para obtener un rendimiento más eficiente en lo referente al momento que se está perforando, se desea también maximizar los costos de producción.

El NPT (Tiempo No Productivo)

Para reducir el NPT, en el cual se puede lograr una mejor producción de hidrocarburos, puede ser reducido a través de las siguientes medidas:

- ◆ reducción al mínimo de los problemas causados en el pozo de perforación.
- ◆ Mejor comunicación entre las compañías prestadoras de servicio para la obtención de petróleo.
- ◆ La industria y las compañías prestadoras de servicio también llevan un porcentaje del problema, porque de ellas depende su maquinaria, que es la encargada de extraer dichos productos.
- ◆ Es un imprevisto en la cual se fundamenta la operatividad de las compañías ya que son las encargadas para la entrega del crudo en mayor medida, de esta rentabilidad depende la economía de nuestro país.

A continuación se mencionan los Tiempos Productivos y No Productivos, en los diferentes campos, como son Sacha y Shushufindi:

5.3.1. Centro Oriente Sacha X-2

En el Campo Centro Oriente Sacha X-2, se logró obtener la siguiente información:

CAMPO CENTRO ORIENTE SACHA X-2			
	HORA	DÍAS	%
TOTAL TIEMPO PRODUCTIVO	634	26.42	90.96 %
TOTAL TIEMPO NO PRODUCTIVO	63	2.63	9.04 %
TOTAL TIEMPO POZO	697.0	29.0	100.0 %

Tabla Nº 62. Tiempos Productivos y No Productivos Sacha X-2

Elaborado por: Gabriel Rodríguez y Tito Burgos

Fuente: ARCH - Quito

5.3.1.1. Tiempo Productivo

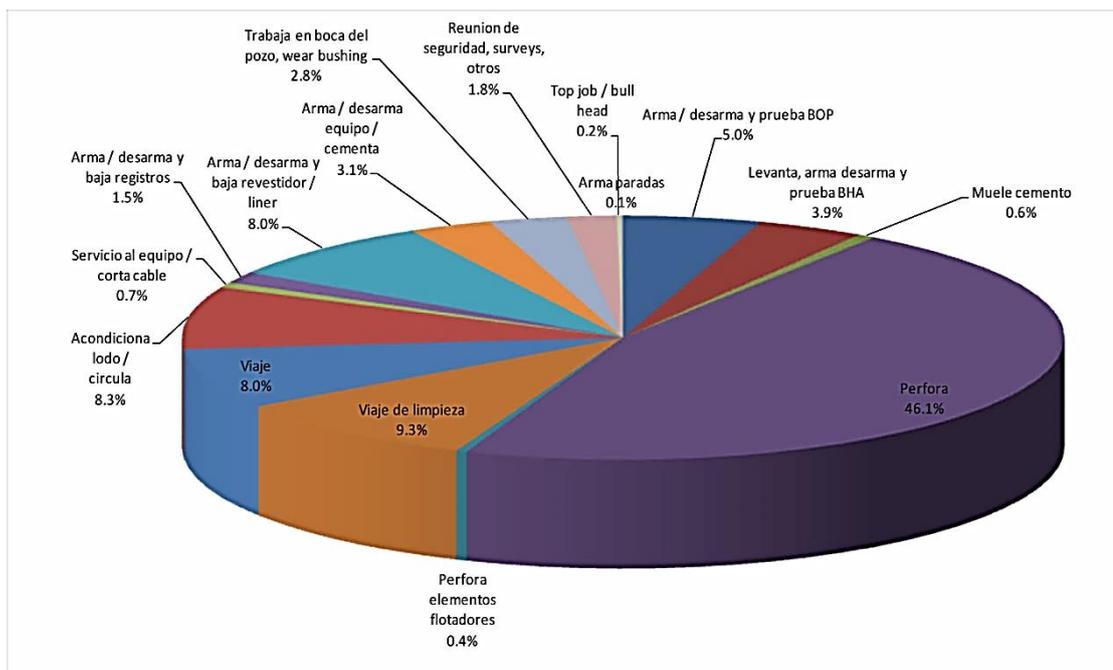


Gráfico Nº 21 Tiempos Productivos Sacha X-2

Elaborado por: Gabriel Rodríguez y Tito Burgos

Fuente: ARCH - Quito

El tiempo productivo del Campo Centro Oriente Sacha X-2, fue de 634 horas, con 26.42 días y 90.96 % de producción del pozo.

5.3.1.2. Tiempo No Productivo

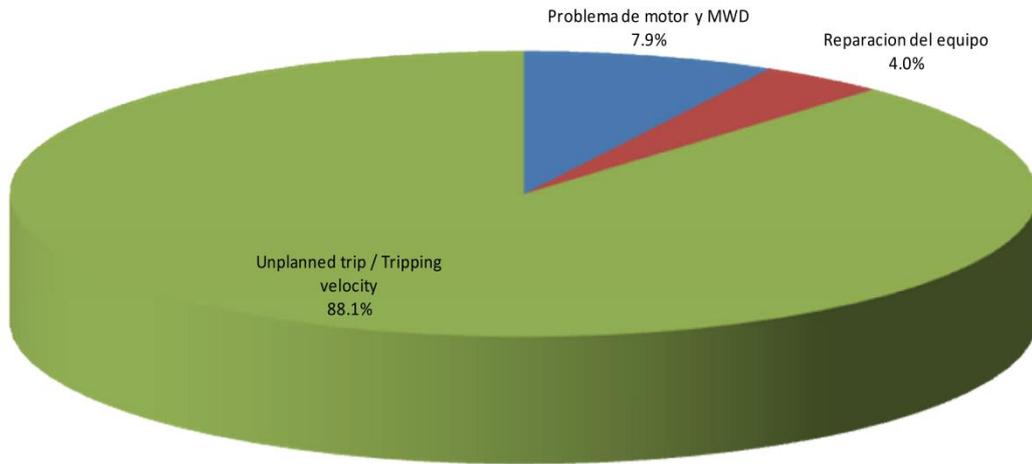


Gráfico N° 22. Tiempos No Productivos Sacha X-2

Elaborado por: Gabriel Rodríguez y Tito Burgos

Fuente: ARCH - Quito

El tiempo no productivo del Campo Centro Oriente Sacha X-2, fue de 63 horas, 2.63 días y 9.04 % de producción del pozo.

El tiempo total de operaciones en el Campo Centro Oriente Sacha X-2, fue de 697.0 hrs de los cuales el tiempo no productivo del pozo representado por problemas de motor y MWD un 7.9 % y 4.0 % por reparación de equipo.

5.3.2.2. Tiempo No Productivo

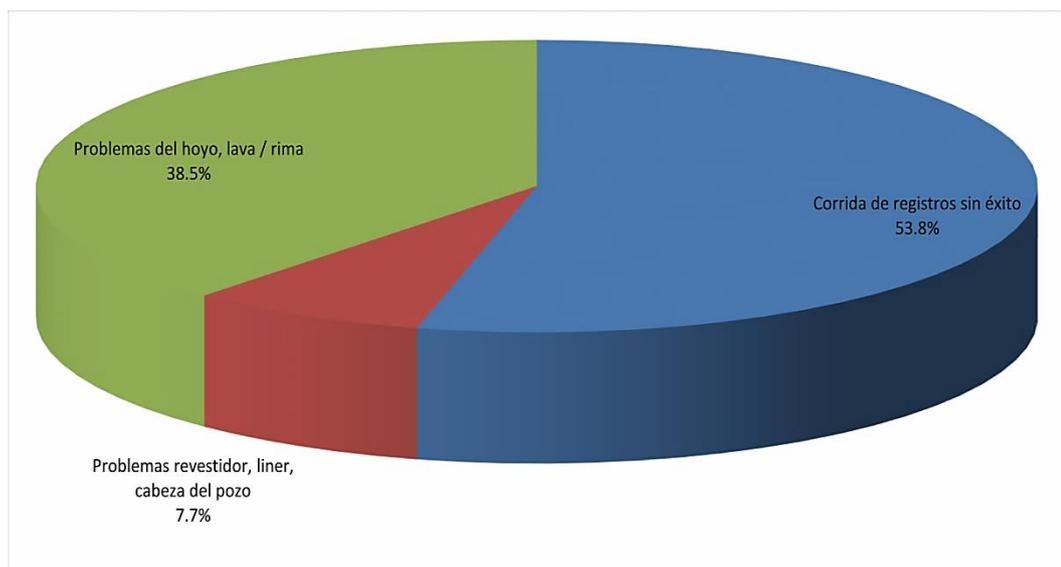


Gráfico N° 24. Tiempos No Productivos Sacha X-3

Elaborado por: Gabriel Rodríguez y Tito Burgos

Fuente: ARCH – Quito

El tiempo no productivo del Campo Centro Oriente Sacha X-3, fue de 6.5 horas, 0.27 días y 1.32 % de producción del pozo.

El tiempo total de operaciones en el Campo Centro Oriente Sacha X-3, fue de 491.5 hrs de los cuales el tiempo no productivo del pozo representado por problemas de hoyo 38.5 % y 53.8 % por corrida de registros sin daño.

5.3.3. Centro Oriente Sacha X-5

En el Campo Centro Oriente Sacha X-5, se logró obtener la siguiente información:

CAMPO CENTROORIENTE SACHA X-5			
	HORA	DÍAS	%
TOTAL TIEMPO PRODUCTIVO	383.5	15.98	86.86 %
TOTAL TIEMPO NO PRODUCTIVO	58.0	2.42	13.14 %
TOTAL TIEMPO POZO	441.5	18.4	100.0 %

Tabla Nº 64. Tiempos Productivos y No Productivos Sacha X-5

Elaborado por: Gabriel Rodríguez y Tito Burgos

Fuente: ARCH - Quito

5.3.3.1. Tiempo Productivo

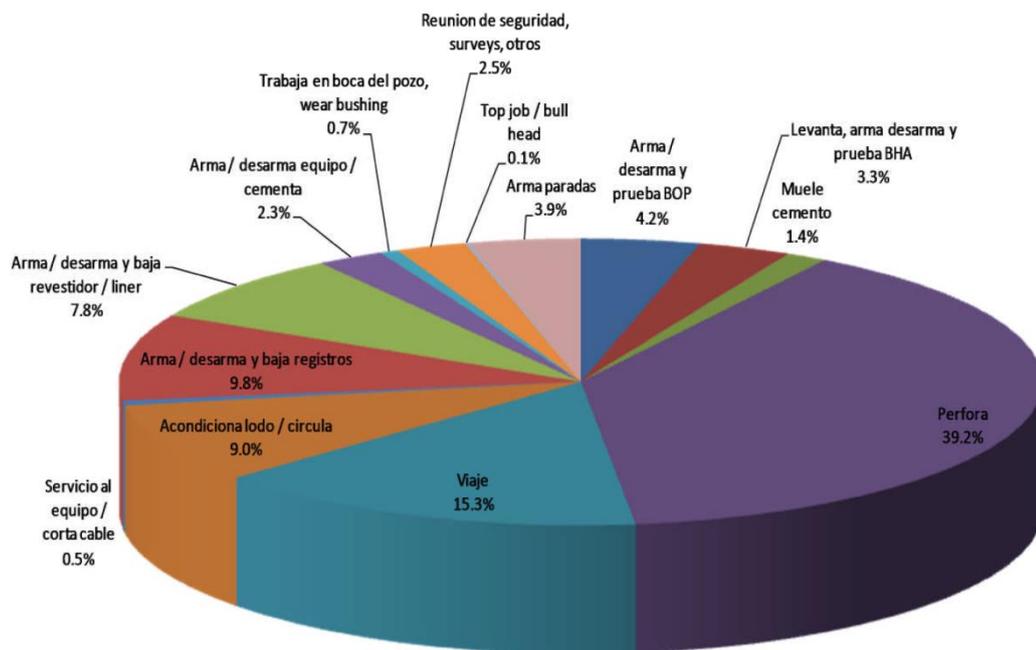


Gráfico Nº 25. Tiempos Productivos Sacha X-5

Elaborado por: Gabriel Rodríguez y Tito Burgos

Fuente: ARCH - Quito

El tiempo productivo del Campo Centro Oriente Sacha X-5, fue de 383.5 horas, con 15.98 días y 86.86 % de producción del pozo.

5.3.3.2. Tiempo No Productivo

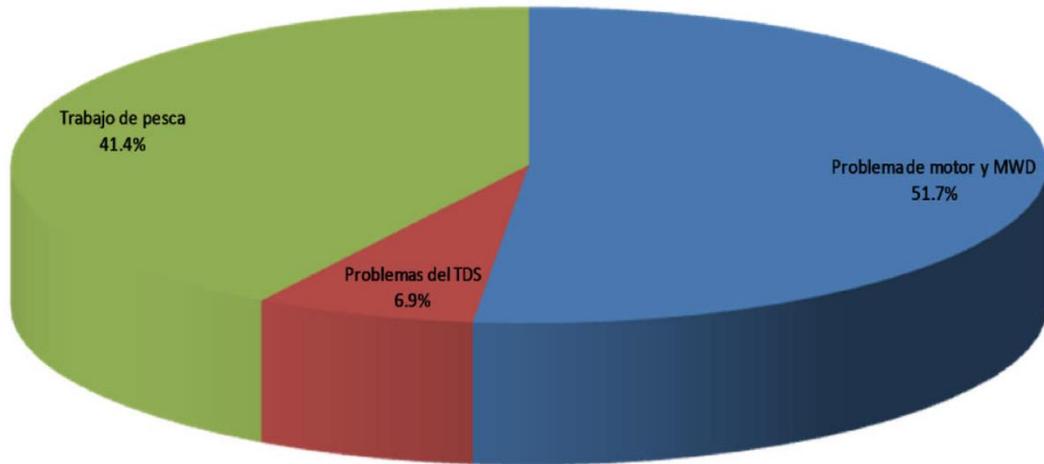


Gráfico N° 26. Tiempos No Productivos Sacha X-5

Elaborado por: Gabriel Rodríguez y Tito Burgos

Fuente: ARCH – Quito

El tiempo no productivo del Campo Centro Oriente Sacha X-5, fue de 58.0 horas, 2.42 días y 41.4 % por trabajo de pesca, problemas de motor y MWD 51.7 % y 6.9 % por problemas de TDS.

El tiempo total de operaciones en el Campo Centro Oriente Sacha X-5, fue de 441.5 hrs, 18.4 días y 100.0 % de trabajo.

5.3.4. Centro Oriente Sacha X-6

En el Campo Centro Oriente Sacha X-6, se logró obtener la siguiente información:

CAMPO CENTRO ORIENTE SACHA X-6			
	HORA	DÍAS	%
TOTAL TIEMPO PRODUCTIVO	451.5	18.81	95.66 %
TOTAL TIEMPO NO PRODUCTIVO	20.5	0.85	4.34 %
TOTAL TIEMPO POZO	472.0	19.7	100.0 %

Tabla Nº 65. Tiempos Productivos y No Productivos Sacha X-6

Elaborado por: Gabriel Rodríguez y Tito Burgos

Fuente: ARCH - Quito

5.3.4.1. Tiempo Productivo

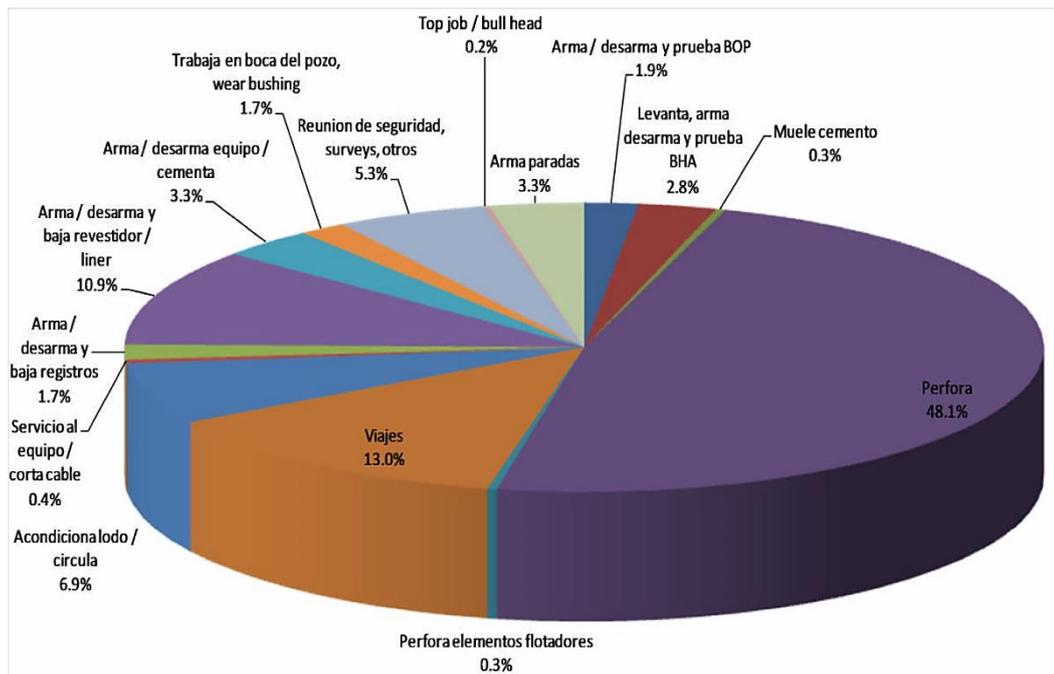


Gráfico Nº 27. Tiempos Productivos Sacha X-6

Elaborado por: Gabriel Rodríguez y Tito Burgos

Fuente: ARCH - Quito

El tiempo productivo del Campo Centro Oriente Sacha X-6, fue de 451.5 horas, con 18.81 días y 95.66 % de producción del pozo.

5.3.4.2. Tiempo No Productivo

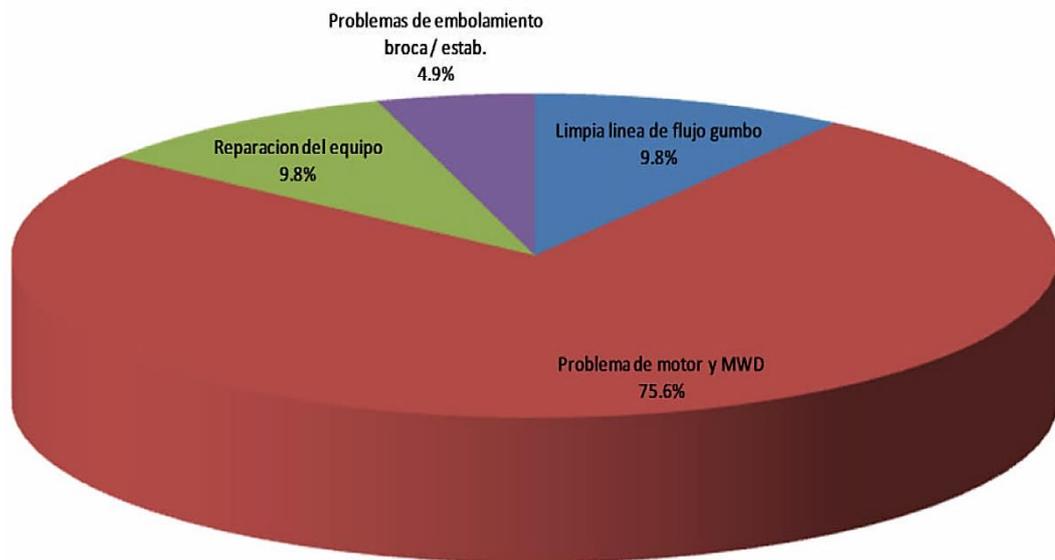


Gráfico N° 28. Tiempos No Productivos Sacha X-6

Elaborado por: Gabriel Rodríguez y Tito Burgos

Fuente: ARCH - Quito

El tiempo no productivo del Campo Centro Oriente Sacha X-6, fue de 20.5 horas, 0.85 horas y 4.34 % de producción, 4.9 % de problemas de embolamiento de broca y estabilizador, 9.8 % limpieza de línea de flujo gumbo y 75.6 % por problemas de motor y MWD.

El tiempo total de operaciones en el Campo Centro Oriente Sacha X-6, fue de 472.0 horas, 19.7 días y 100.0 % de trabajo.

5.3.5. Centro Oriente Sacha X-7

En el Campo Centro Oriente Sacha X-7, se logró obtener la siguiente información:

CAMPO CENTRO ORIENTE SACHA X-7			
	HORA	DÍAS	%
TOTAL TIEMPO PRODUCTIVO	490.5	20.44	77.86 %
TOTAL TIEMPO NO PRODUCTIVO	139.5	5.81	22.14 %
TOTAL TIEMPO POZO	630.0	26.3	100.0 %

Tabla Nº 66. Tiempos Productivos y No Productivos Sacha X-7

Elaborado por: Gabriel Rodríguez y Tito Burgos

Fuente: ARCH - Quito

5.3.5.1. Tiempo Productivo

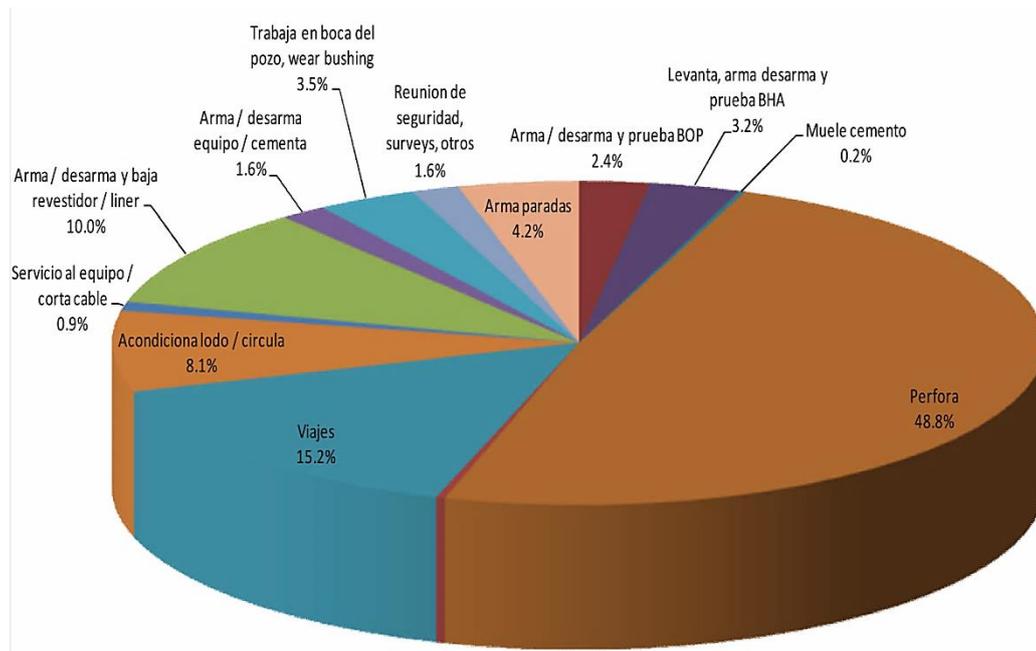


Gráfico Nº 29. Tiempos Productivos Sacha X-7

Elaborado por: Gabriel Rodríguez y Tito Burgos

Fuente: ARCH - Quito

El tiempo productivo del Campo Centro Oriente Sacha X-7, fue de 490.5 horas, con 20.44 días y 77.86 % de producción del pozo.

5.3.5.2. Tiempo No Productivo

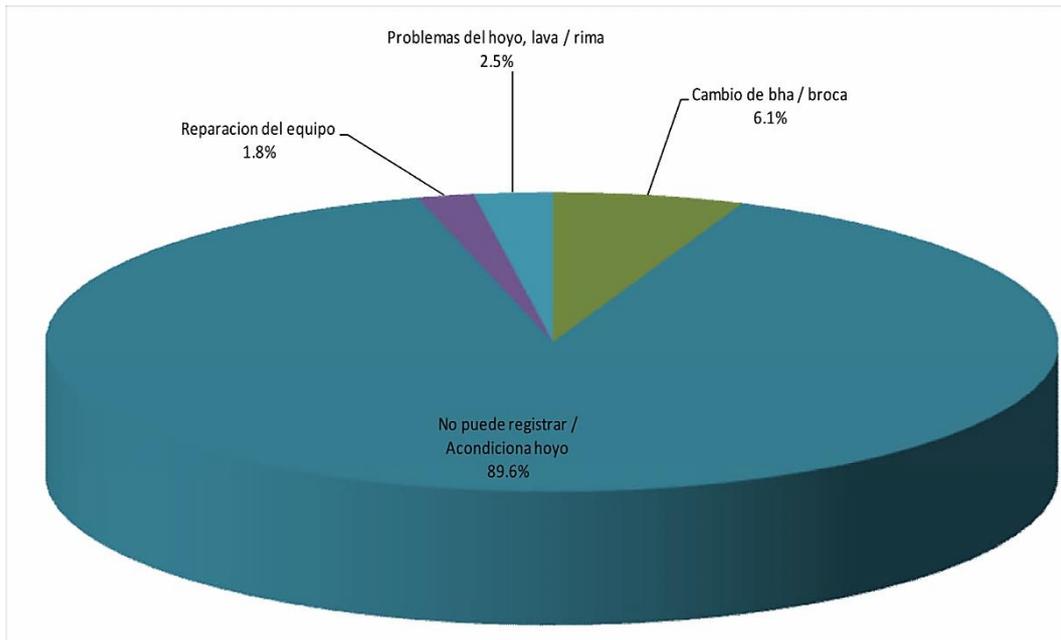


Gráfico N° 30. Tiempos No Productivos Sacha X-7

Elaborado por: Gabriel Rodríguez y Tito Burgos

Fuente: ARCH – Quito

El tiempo no productivo del Campo Centro Oriente Sacha X-7, fue 20.5 horas, 0.85 horas y 1.8% reparación del equipo, 89.6% acondicionamiento del hoyo, 6.1% cambio de BHA y de broca, 2.5% problemas.

El tiempo total de operaciones en el Campo Centro Oriente Sacha X-7, fue de 630.0 horas, 26.3 días y 100.0 % de trabajo.

5.3.6. Centro Oriente Sacha X-10

En el Campo Centro Oriente Sacha X-10, se logró obtener la siguiente información:

CAMPO CENTRO ORIENTE SACHA X-10			
	HORA	DÍAS	%
TOTAL TIEMPO PRODUCTIVO	534	22.25	87.12%
TOTAL TIEMPO NO PRODUCTIVO	79	3.29	12.88 %
TOTAL TIEMPO POZO	613	25.54	100.0 %

Tabla N° 67. Tiempos Productivos y No Productivos Sacha X-10

Elaborado por: Gabriel Rodríguez y Tito Burgos

Fuente: ARCH - Quito

5.3.6.1. Tiempo Productivo

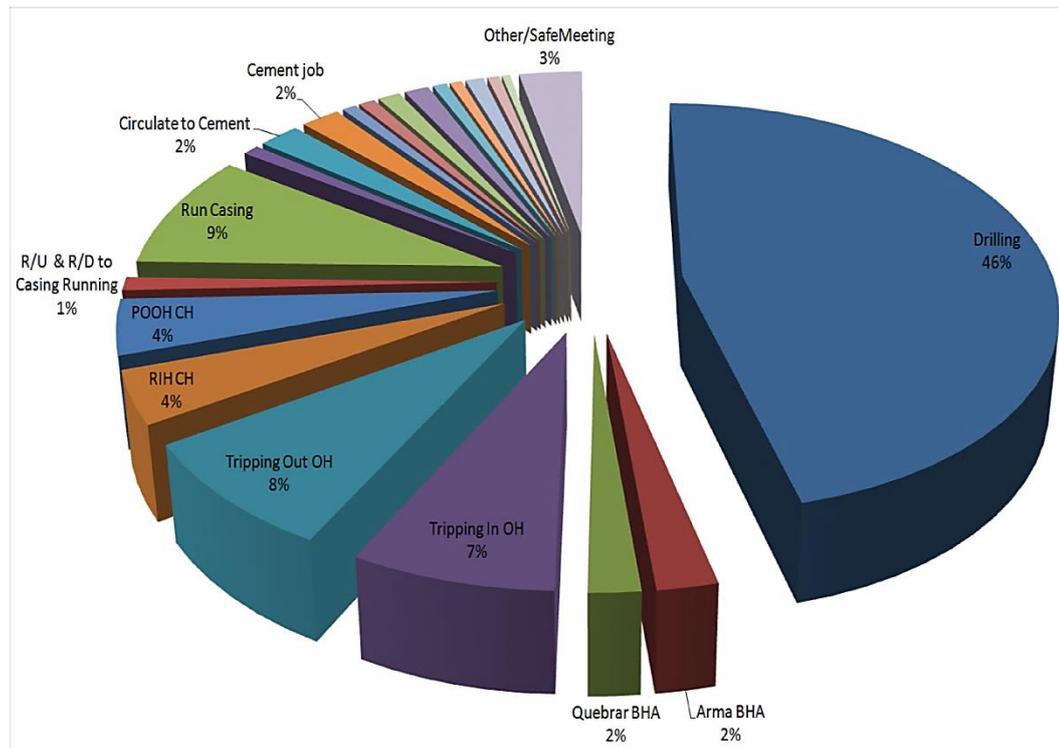


Gráfico N° 31. Tiempos Productivos Sacha X-10

Elaborado por: Gabriel Rodríguez y Tito Burgos

Fuente: ARCH - Quito

El tiempo productivo del Campo Centro Oriente Sacha X-10, fue de 534 horas, con 22.25 días y 87.12 % de producción el pozo.

5.3.6.2. Tiempo No Productivo

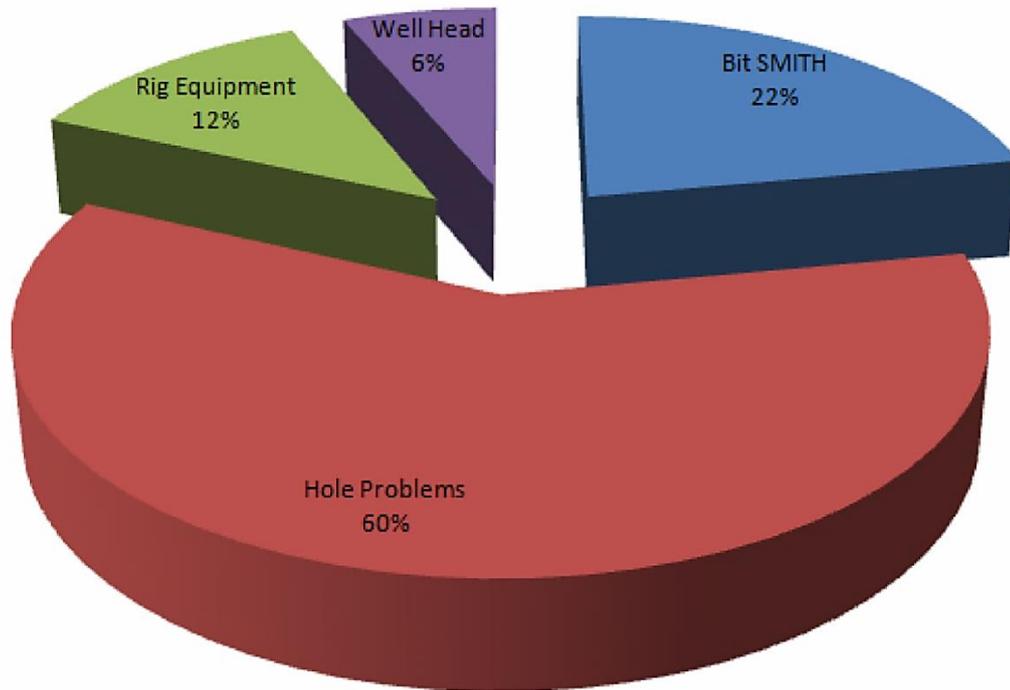


Gráfico N° 32. Tiempos No Productivos Sacha X-10

Elaborado por: Gabriel Rodríguez y Tito Burgos

Fuente: ARCH – Quito

El tiempo no productivo del Campo Centro Oriente Sacha X-10, fue de 79 horas, 0.85 horas y 3.29 % de producción, 60 % problemas de hueco, 12% de equipos del taladro y 9 % de problemas de pozo.

El tiempo total de operaciones en el Campo Centro Oriente Sacha X-10, fue de 613 horas, 25.54 días y 100.0 % de trabajo.

5.3.7. Centro Oriente Sacha X-13

En el Campo Centro Oriente Sacha X-13, se logró obtener la siguiente información:

CAMPO CENTRO ORIENTE SACHA X-13			
	HORA	DÍAS	%
TOTAL TIEMPO PRODUCTIVO	965	40.21	92.13 %
TOTAL TIEMPO NO PRODUCTIVO	82.50	3.43	7.87 %
TOTAL TIEMPO POZO	1047.5	43.64	100.0 %

Tabla Nº 68. Tiempos Productivos y No Productivos Sacha X-13

Elaborado por: Gabriel Rodríguez y Tito Burgos

Fuente: ARCH - Quito

5.3.7.1. Tiempo Productivo

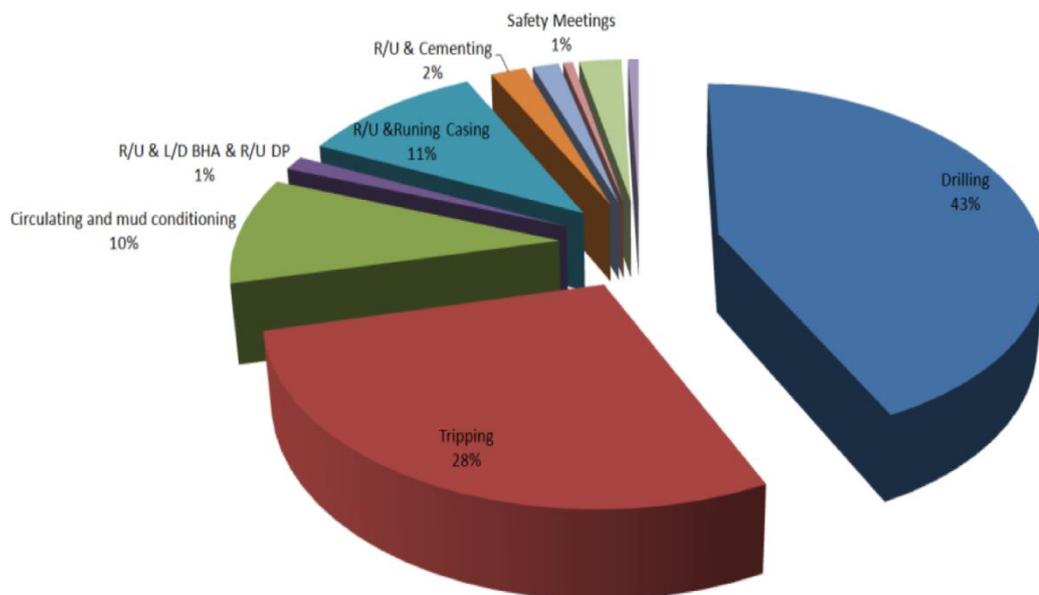


Gráfico Nº 33. Tiempos Productivos Sacha X-13

Elaborado por: Gabriel Rodríguez y Tito Burgos

Fuente: ARCH - Quito

El tiempo productivo del Campo Centro Oriente Sacha X-13, fue de 965 horas, con 40.21 días y 92.13 % de producción del pozo.

5.3.7.2. Tiempo No Productivo

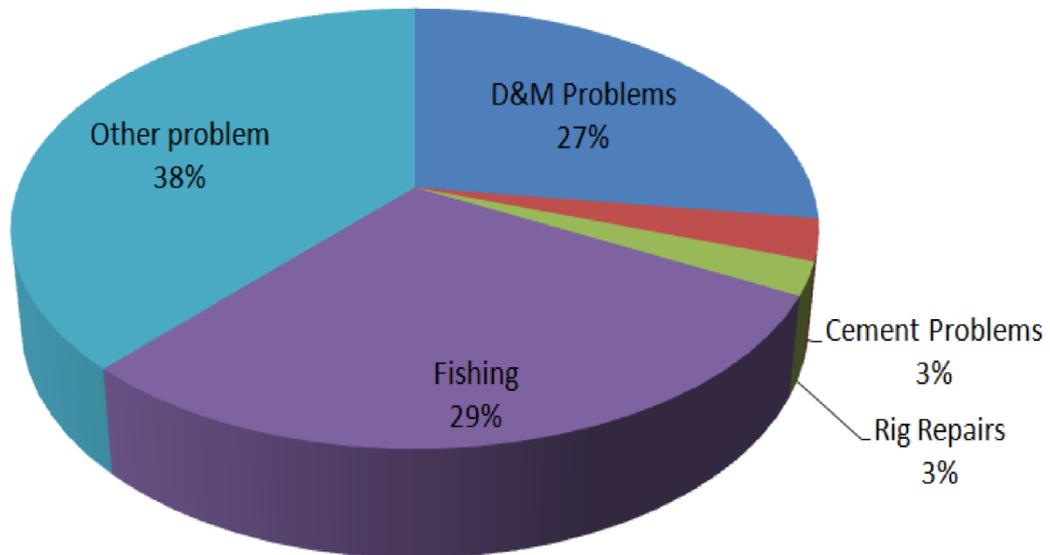


Gráfico N° 34. Tiempos No Productivos Sacha X-13

Elaborado por: Gabriel Rodríguez y Tito Burgos

Fuente: ARCH – Quito

El tiempo no productivo del Campo Centro Oriente Sacha X-13, fue de 82.50 horas, 3.43 horas y 10.47 % de producción, 27 % por problemas de dirección y monitoreo, 38 % otros problemas y 29 % problemas de pesca.

El tiempo total de operaciones en Campo Centro Oriente Sacha X-13, fue de 1047.25 horas, 43.64 días y 100.0 % de trabajo.

5.3.8. Centro Oriente Shushufindi X-1

En el Campo Centro Oriente Shushufindi X-1, se logró obtener la siguiente información:

CAMPO CENTRO ORIENTE SHUSHUFINDI X-1			
	HORA	DÍAS	%
TOTAL TIEMPO PRODUCTIVO	571.92	23.83	89.02 %
TOTAL TIEMPO NO PRODUCTIVO	70.56	2.94	10.98 %
TOTAL TIEMPO POZO	642.48	26.77	100.0 %

Tabla Nº 69. Tiempos Productivos y No Productivos Shushufindi X-1

Elaborado por: Gabriel Rodríguez y Tito Burgos

Fuente: ARCH - Quito

5.3.8.1. Tiempo Productivo

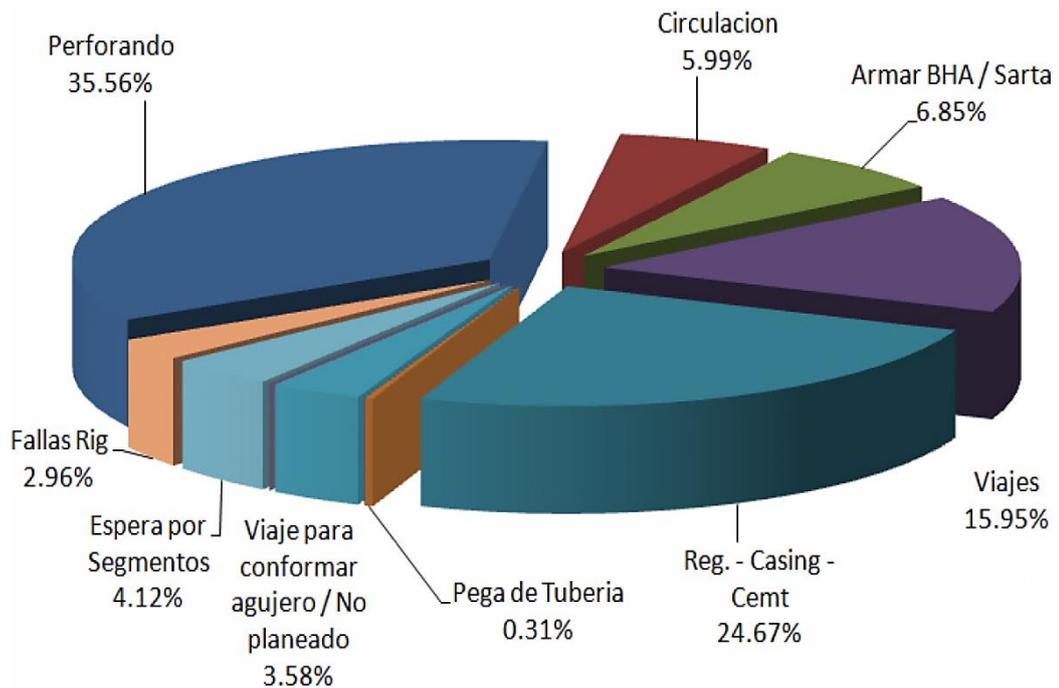


Gráfico Nº 35. Tiempos Productivos Shushufindi X-1

Elaborado por: Gabriel Rodríguez y Tito Burgos

Fuente: ARCH - Quito

El tiempo productivo del Campo Centro Oriente Shushufindi X-1, fue de 571.92 horas, con 23.83 días y 89.02 % de producción del pozo.

5.3.8.2. Tiempo No Productivo

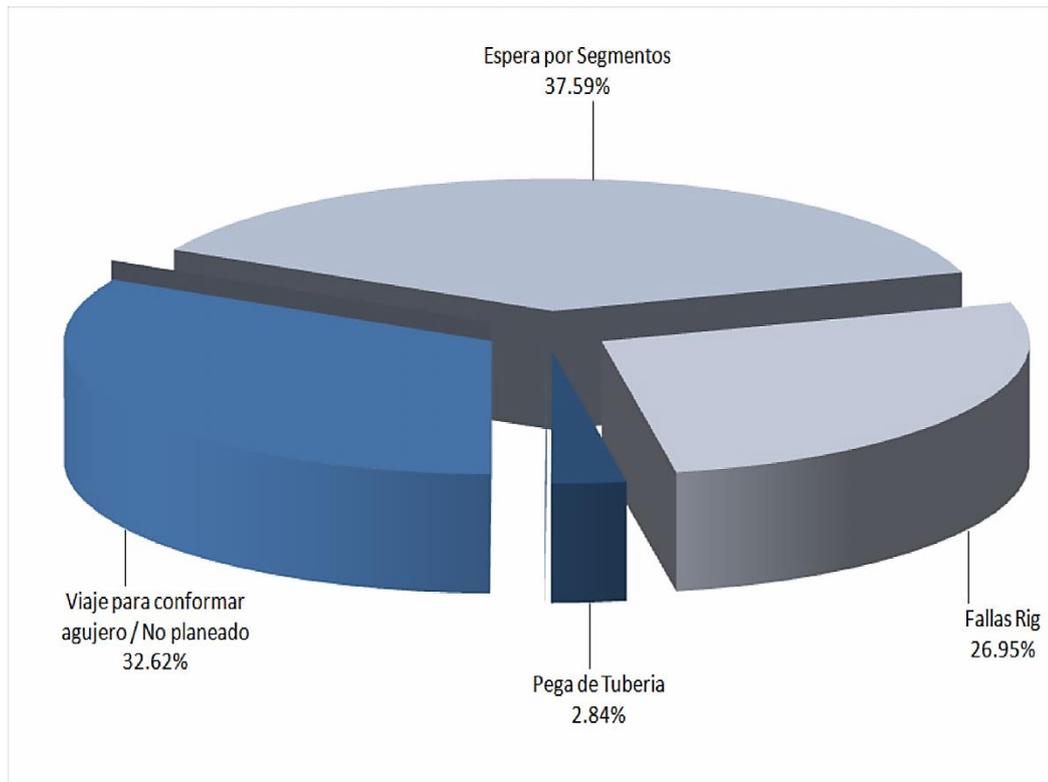


Gráfico N° 36. Tiempos No Productivos Shushufindi X-1

Elaborado por: Gabriel Rodríguez y Tito Burgos

Fuente: ARCH - Quito

El tiempo no productivo del Campo Centro Oriente Sacha X-13, fue de 70.56 horas, 2.94 horas y 6.42 % de producción, 32.64 5 % viaje para conformar agujero, 26.95 % fallas del taladro, 37.59 % espera por segmentos y 2.84 % por pega de tubería.

El tiempo total de operaciones en el Campo Centro Oriente Shushufindi X-1, fue de 642.48 horas, 26.77 días y 100.0 % de trabajo.

5.3.9. Centro Oriente Shushufindi X-2

En el Campo Centro Oriente Shushufindi X-2, se logró obtener la siguiente información:

CAMPO CENTRO ORIENTE SHUSHUFINDI X-2			
	HORA	DÍAS	%
TOTAL TIEMPO PRODUCTIVO	556.8	23.20	96.35 %
TOTAL TIEMPO NO PRODUCTIVO	21.12	0.88	3.65 %
TOTAL TIEMPO POZO	577.92	24.08	100.0 %

Tabla N° 70. Tiempos Productivos y No Productivos Shushufindi X-2

Elaborado por: Gabriel Rodríguez y Tito Burgos

Fuente: ARCH - Quito

5.3.9.1. Tiempo Productivo

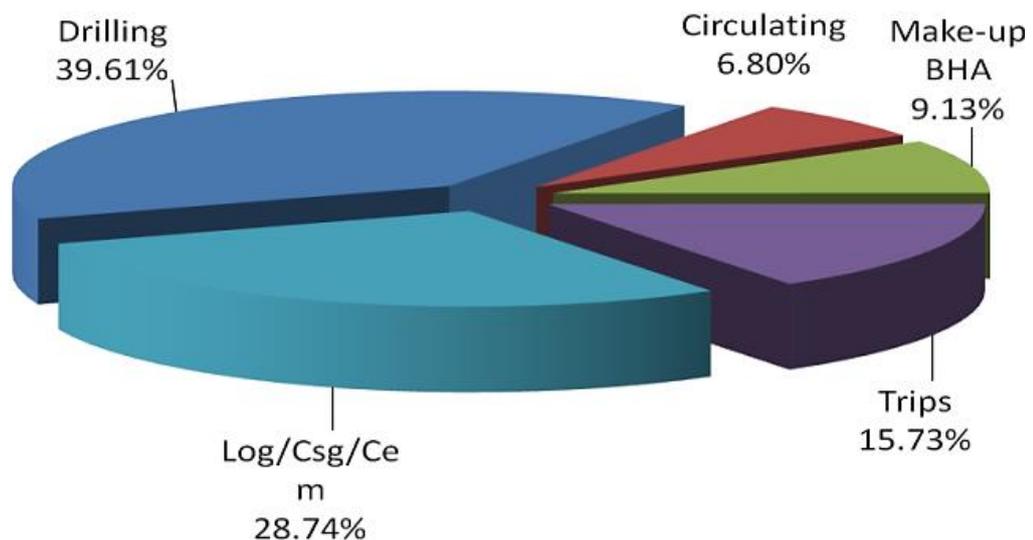


Gráfico N° 37. Tiempos Productivos Shushufindi X-2

Elaborado por: Gabriel Rodríguez y Tito Burgos

Fuente: ARCH - Quito

El tiempo productivo del Campo Centro Oriente Shushufindi X-2, fue de 556.8 horas, con 23.20 días y 96.35 % de producción del pozo.

5.3.9.2. Tiempo No Productivo

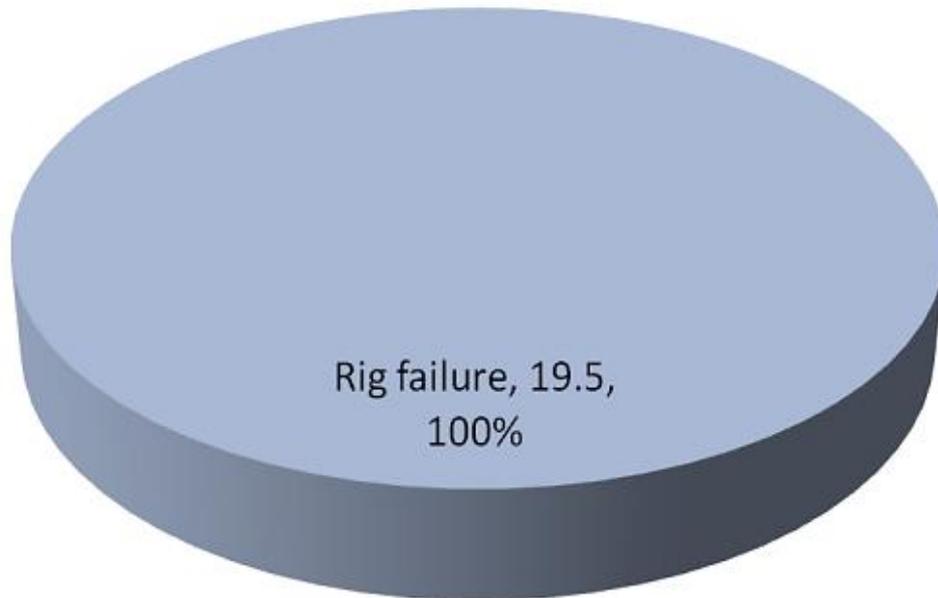


Gráfico N° 38. Tiempos No Productivos Shushufindi X-2

Elaborado por: Gabriel Rodríguez y Tito Burgos

Fuente: ARCH – Quito

El tiempo no productivo del Campo Centro Oriente Shushufindi X-2, fue de 21.12 horas, 0.88 horas y 5.77 % de producción.

El tiempo total de operaciones en el Campo Centro Oriente Shushufindi X-2, fue de 577.92 horas, 24.08 días y 100.0 % de trabajo.

5.3.10. Centro Oriente Shushufindi X-9

En el Campo Centro Oriente Shushufindi X-9, se logró obtener la siguiente información:

CAMPO CENTRO ORIENTE SHUSHUFINDI X-9			
	HORA	DÍAS	%
TOTAL TIEMPO PRODUCTIVO	510	21.25	76%
TOTAL TIEMPO NO PRODUCTIVO	161.04	6.71	24%
TOTAL TIEMPO POZO	669.6	27.9	100.0 %

Tabla N° 71. Tiempos Productivos y No Productivos Shushufindi X-9

Elaborado por: Gabriel Rodríguez y Tito Burgos

Fuente: ARCH - Quito

5.3.10.1. Tiempo Productivo

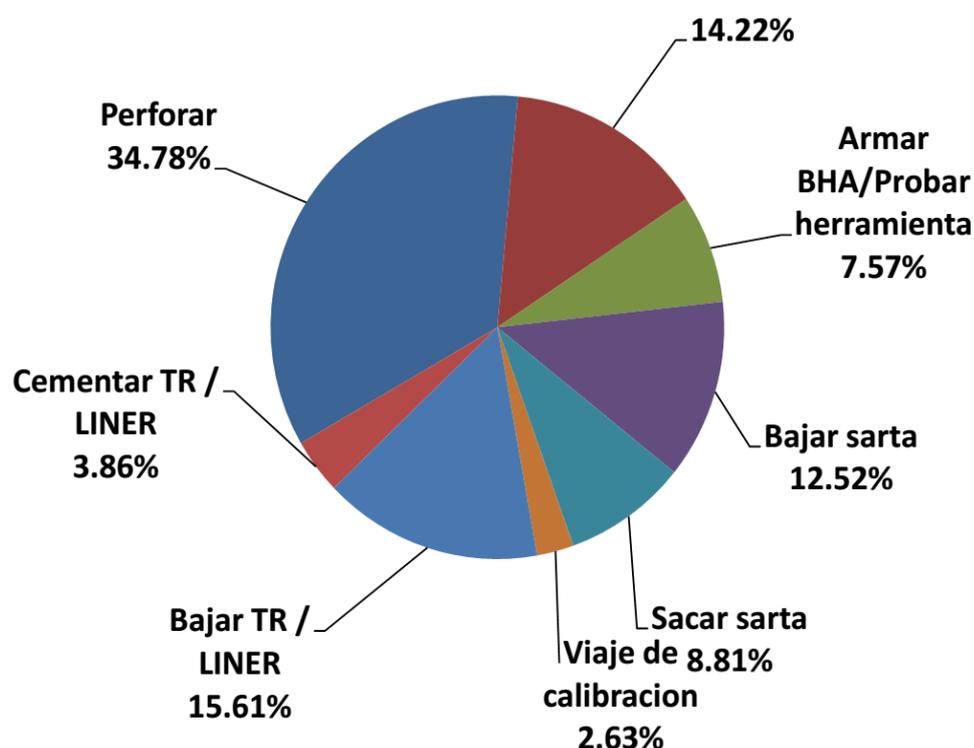


Gráfico N° 39. Tiempos Productivos Shushufindi X-9

Elaborado por: Gabriel Rodríguez y Tito Burgos

Fuente: ARCH – Quito

El tiempo productivo del Campo Centro Oriente Shushufindi X-9, fue de 510 horas, con 21.25 días y 76 % de producción del pozo.

5.3.10.2. Tiempo No Productivo

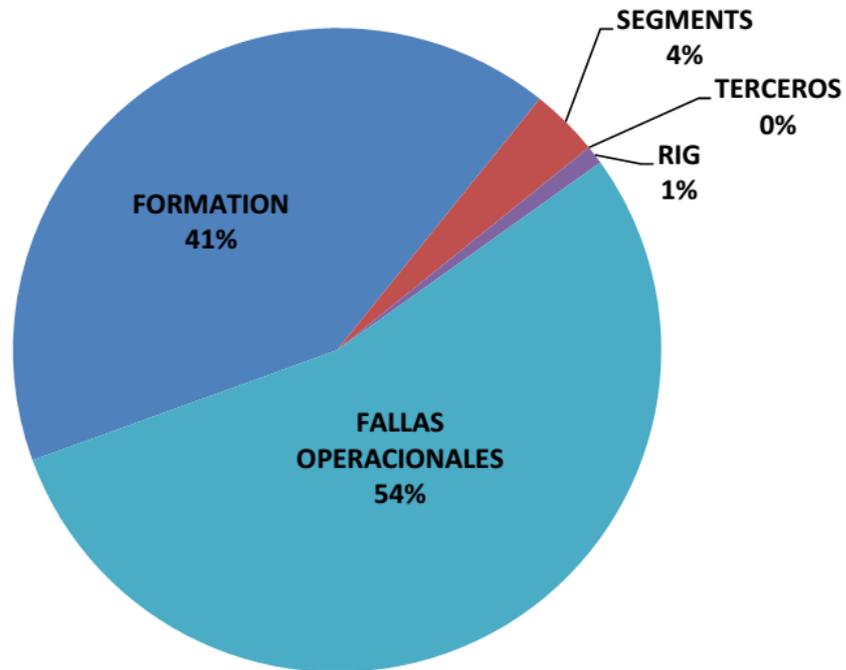


Gráfico N° 40. Tiempos No Productivos Shushufindi X-9

Elaborado por: Gabriel Rodríguez y Tito Burgos

Fuente: ARCH - Quito

El tiempo no productivo del Campo Centro Oriente Shushufindi X-9, fue de 161.04 horas, 6.71 horas y 6.71 % de producción.

El tiempo total de operaciones en el Campo Centro Oriente Shushufindi X-9, fue de 671.04 horas, 27.96 días y 100.0 % de trabajo.

5.4. EVALUACIÓN DEL COSTO DE PERFORACIÓN

Las brocas utilizadas para la perforación en pozos estudiados en los campos del Centro-Oriente ecuatoriano, son unos de los componentes de importancia en las operaciones de perforación, un factor determinante para la evaluación es el rendimiento técnico de las brocas ya que de esto depende la velocidad de penetración (ROP), para optimizar el costo de dicha inversión.

Para el diseño óptimo de una broca es indispensable conocer la dureza de las formaciones a travesar ya que de esto depende maximizar o minimizar el costo de operación de la perforación.

La evaluación del rendimiento técnico de las brocas de perforación con respecto al costo de perforación generan un incremento en los costos planificados, este incremento obedece a las operaciones de perforación que se implementan en el campo, tratando de evitar un desgaste mayor en la broca que pueda causar la ruptura de la misma o cualquier tipo de complicaciones asociadas con la broca por eso se evalúa el costo de perforación con respecto a las operaciones de la broca, uso de herramientas, registros, parámetros de perforación etc.

Se deben evaluar los costos de perforación con respecto a los casos más comunes en los NTP Y TP (Tiempos No Productivos y Tiempos Productivos) que se dan en cada pozo cuando la broca atraviesa las formaciones y en el momento que se está perforando; Adicionalmente se incluye el costo asociado al tiempo extra del taladro tanto para operaciones de la broca como para la limpieza que se realizaron en cada pozo.

Hay que señalar que cada pozo conserva su característica particular, el incremento depende de las operaciones aplicadas y de las condiciones de la broca, se detalla a continuación el incremento de los costos en porcentaje de cada pozo.

En el gráfico N° 41. Mediante el porcentaje del tiempo no productivo (NTP) podremos analizar el costo de perforación, el porcentaje de tiempo no productivo más alto lo tiene el campo Centro-Oriente Shushufindi -X9 con la mayor inversión, seguido del pozo Centro-Oriente Sacha -X7; en el gráfico N° 42 podemos ver que el mayor tiempo no productivo en días y horas fue el campo Centro-Oriente Shushufindi -X9, con 161.04 horas, 6.71 días, donde hubo porcentajes de tiempos no productivos con 4.34 % de producción, 4.9 % de problemas de embolamiento de broca y estabilizador, 9.8 % limpieza de línea de flujo y 75.6 % por problemas de motor y MWD en cuanto los problemas que se suscitan en la broca este presenta múltiples problemas, lo indagador es que el costo real no se aleja de manera pronunciada del costo planificado, como si se supiera de antemano los inconvenientes que el pozo generara en las operaciones de perforación.

Hay que señalar que cada pozo conserva su característica particular, el incremento depende de las operaciones aplicadas, se detalla a continuación el incremento de los costos en porcentaje de cada pozo.

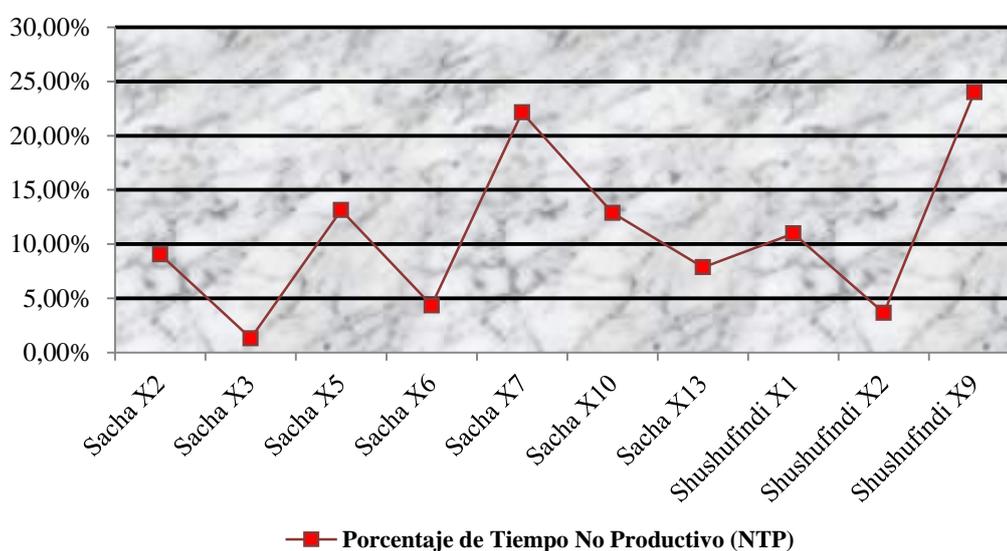


Gráfico N° 41. Porcentaje de Tiempo No Productivo

Elaborado por: Gabriel Rodríguez y Tito Burgos

Fuente: ARCH - Quito

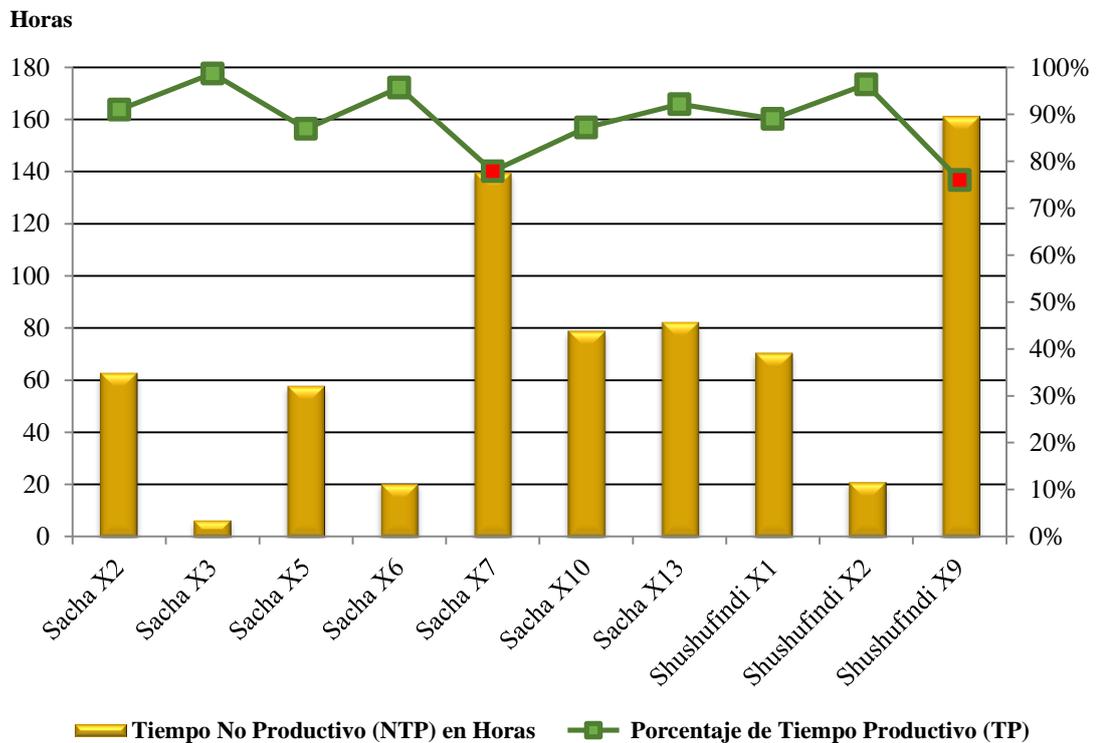
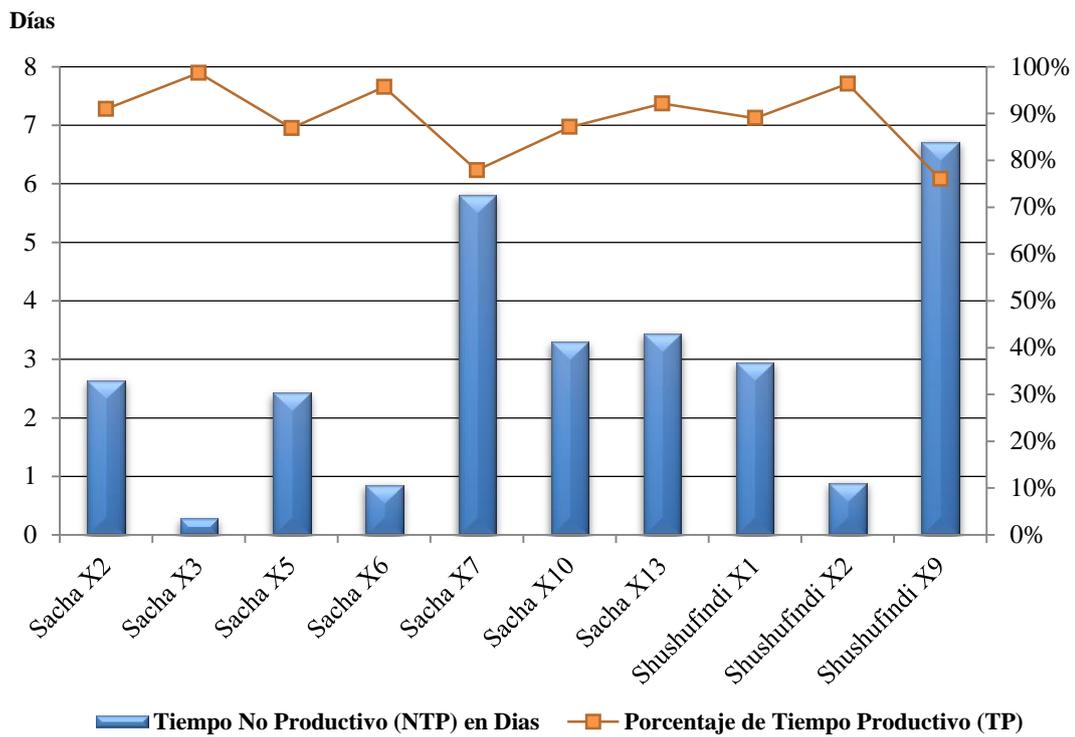


Gráfico N° 42. NTP (Días y Horas) vs. TP (Porcentaje)

Elaborado por: Gabriel Rodríguez y Tito Burgos

Fuente: ARCH – Quito

CAPÍTULO VI
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1. CONCLUSIONES

En la evaluación del Rendimiento Técnico de las brocas utilizadas para la perforación de pozos en el Centro-Oriente ecuatoriano, como son los de Sacha y Shushufindi, se encontró lo siguiente:

- ❖ Se recopiló la información necesaria de los pozos seleccionados, tomando en cuenta datos de reportes geológicos, de fluidos, de perforación vertical y direccional; Permitiendo realizar un análisis más profundo para determinar las causas que originaron los problemas en la broca y posterior pérdida del pozo, hay que mencionar que no fue posible encontrar los mismos datos requeridos en todos los pozos analizados debido a que cada operadora recopila y procesa la información de diferente manera.
- ❖ De un total de 30 pozos pre-seleccionados, propuestos por los técnicos de la Agencia de Regulación y Control Hidrocarburífero (ARCH) se evaluaron y seleccionaron 10 pozos, los cuales fueron considerados debido a los problemas que se suscitaron en la broca, siendo los más comunes: emboladas en la broca y BHA, cambio de formaciones, desgaste de la broca, bajo ROP, pérdida de jet, mantenimiento preventivo de las bombas y desgaste por abrasión en la broca.
- ❖ En la interpretación de datos se analizará la información de las brocas utilizadas en cada sección de los pozos perforados en los respectivos campos estudiados, detallando los parámetros técnicos de estas se pueden determinar los problemas que se suscitan en los respectivos intervalos de zonas a perforar, obteniendo como resultado la evaluación técnica de la broca en cuanto a las características de desgaste.

- ❖ Se evalúan las causas de los problemas en las brocas en cada una de las secciones de los pozos perforados de los campos Sacha y Shushufindi.
- ❖ Se realizó una interpretación de las profundidades ajustadas a las características litológicas atravesadas en cada trayectoria perforada por la broca, se la interpretó a través de un programa de brocas en cada uno de los pozos evaluados. Con esto se consiguió identificar cada una de las profundidades de la sección perforada, en cada pozo y tipo de broca con su respectivo diámetro en cada sección, número de brocas utilizadas y marca de la misma.
- ❖ Se evalúa el rendimiento técnico de las brocas consiguiendo y comparando los pies perforados y la cantidad de brocas utilizadas en las secciones 26",16",12 ¼", 8 ½ " de los pozos seleccionados en los campos antes indicados, donde se comparó las brocas con mayores pies perforados y mayor cantidad de brocas.
- ❖ En la evaluación de la eficiencia del rendimiento técnico de la broca, en el pozo Centro-Oriente Shushufindi-X1, la broca de tipo SDI519MHPX, de marca SMITH BITS, obtuvo la mayor frecuencia de viajes realizados, alcanzando hasta 4 viajes y un total de 5614 pies perforados, consiguiendo el mayor rendimiento durante la perforación en la sección de 16", puesto que también alcanzó 5569 pies perforados en el pozo Centro-Oriente Sacha -X10. La broca de tipo SDI519MHPX, de marca SMITH BITS, destacó con mayor rendimiento entre las brocas utilizadas en la sección de 16", entre todos los pozos evaluados en el campo Sacha y Shushufindi.
- ❖ El desgaste es el caso más recurrente de los problemas en la broca y corresponde a los casos evaluados , esto se produce por la velocidad de perforación en la parte baja del pozo, cuando se está perforando un tipo de formación muy agresiva, lo que indica que

operativamente se deben tomar las precauciones adecuadas (parámetros de perforación), y una correcta limpieza del pozo (parámetros de fluido), a fin de no perder una sección.

- ❖ El 49% de casos de emboladas y desgaste en la broca se presentan en la formación Terciado Indiferenciado, que está conformada mayormente de calizas y conglomerado, las cuales son muy agresivas esto ocurre en la sección de 16"; la formación Orteguaza, conformada por lutita y con intercalaciones de arenisca; la formación Napo, conformada por caliza y arenisca; este hecho se demuestra en la sección 12 ¼".
- ❖ Al final de cada análisis se incluye la información del tiempo no productivo (NPT), el tiempo que se pierde por los problemas de la broca. Dentro de este tiempo, la embolada y el desgaste en la broca constituyen el porcentaje más común de tiempo perdido, lo que produce un incremento considerable en los costos, muy por encima de lo planeado para cada pozo, generando una desventaja en el costo de perforación.
- ❖ Los costos de perforación se incrementan producto de los problemas de la broca como: problemas en el motor y MWD, 13.6%; problemas del hoyo, cambio de BHA y broca, 0.61 %; problemas de embolamiento de broca, 0.49 %; fallas operacionales, 5.4%; problemas de formación, 4.1%; problemas de limpieza, 0.91%. Estos porcentajes son de los NTP, que son los problemas más comunes de todos los pozos estudiados en el Centro-Oriente de la Amazonia ecuatoriana.
- ❖ Este incremento es diferente para cada pozo, un incremento del 4.9%, como se dio en el pozo Centro-Oriente Sacha –X6 por problemas de embolamiento de broca, puede tener el mismo valor económico que un incremento del 84% por problemas del hoyo en el pozo Centro-Oriente Sacha –X10, es decir cada pozo aumenta el

costo dependiendo de las operaciones que realice para solucionar la broca por las complicaciones que se presentan.

6.2. RECOMENDACIONES

❖ Utilizar las brocas tricónicas o PDC por su dureza y mayor penetración, según la velocidad de penetración ROP y el WOB peso sobre la sarta de perforación, depende básicamente del tipo de formación a penetrar, ya que puedan atravesarlas en el mejor tiempo posible, garantizando la optimización de su velocidad de penetración. Se Obtiene un rango óptimo de:

- ◆ ROP
- ◆ WOB
- ◆ Durabilidad
- ◆ Estabilidad

❖ La obtención de ROP alto es el factor principal en un intervalo dado, puede ser necesario sacrificar la durabilidad de la broca para aumentar la velocidad de la perforación, lo que se refiere a un desgaste más rápido de la broca, se utiliza una broca más agresiva para reducir el ROP.

❖ El tiempo de perforación se reduce conforme se vayan perforando nuevos pozos, pero al incrementarse la dificultad, o al probarse un nuevo tipo de brocas o de fluidos de perforación, la ROP cambia claramente ya sea de manera positiva o no.

❖ Si la formación es altamente abrasiva, como Terciado Indiferenciado, Orteguaza o Tiyuyacu, es necesario mantener o reducir ligeramente el peso sobre la broca WOB y bajar las revoluciones por minutos RPMs, ya que esto incrementará el desgaste de los dientes de la broca.

- ❖ En la sección de 16” del pozo Centro-Oriente Sacha -X13 se utilizaron 3 brocas: XR+ (tricónica), SDI519MHPX (PDC), SDI519MHPX (PDC) todas de diferentes series pero de la misma marca BAKER HUGHES, perforando 6363 pies, atravesando formaciones de Terciado indiferenciado, Orteguaza, Tiyuyacu y Tena con litologías con calizas, conglomerado, arenisca con lutita, arcilla con limolita y arcilla con Chert. En esta sección se utilizaron brocas tricónica para evitar el desgaste prematuro, en el trascurso de la perforación se trabajó con parámetros controlados con broca PDC para atravesar zonas de arenas abrasivas y conglomerados en la formación Terciario Indiferenciado, Orteguaza y Tiyuyacu.
- ❖ El mayor rendimiento técnico lo tiene la broca de tipo SDI519MHPX de marca SMITH BITS, con más de 5600 pies perforados. Utilizarlas en las secciones de 16” en las formaciones Terciado Indiferenciado con una litología de caliza y conglomerado; formación Orteguaza con una litología de lutita y arenisca; formación Tiyuyacu con una litología de arcilla y chert. Teniendo la mayor frecuencia de viajes, en el momento de perforar se debe mantener los parámetros del pozo Centro-Oriente Shushufindi –X1.
- ❖ Emplear las brocas apropiadas según las formaciones a atravesar, el grado de dureza de las mismas, pueden ser de tricónicas o PDC. Para formaciones blandas se puede utilizar una broca de dientes fresados o cono dentado los cuales penetran fácilmente.
- ❖ Las brocas con mejor rendimiento en este proyecto, más utilizado para las diferentes secciones a perforar son las brocas tricónicas y PDC, dependiendo de la formación por donde atraviesan se elige el tipo de broca. Una principal característica de estas es la dureza, ya que de esto depende la tasa de penetración, como también los costos de producción para el empleo de dichas brocas.

- ❖ Otra causa de la broca para que se la reemplace es el fenómeno de atascamiento-deslizamiento, lo que se refiere a un 40 % del tiempo de perforación en el fondo del pozo, velocidad de rotación del BHA, en lo que da lugar cuando la broca deja de girar a causa de la fricción.
- ❖ Se encontró ineficiente el agujero en algunos casos como: baja velocidad de penetración y de flujo que resulta de volver a moler los recortes ya perforados, el exceso de horas de rotación y deslizamiento continuos, el deficiente envío de píldoras de limpieza. Estos problemas producen grandes cantidades de recortes acumulados en la parte baja del pozo, y su deficiente extracción a superficie, perdiendo finalmente la sección o pozo.
- ❖ El ensamblaje con motor de fondo tuvo un mejor desempeño que el rotatorio, teniendo una alta ROP lo cual conlleva a un menor costo total, esto sucede en el perfil de los pozos direccionales tipo “S”.
- ❖ El ensamblaje rotatorio si representa una buena opción, ya que hay un incremento en la tasa de perforación disminuyendo los costos finales y reduciendo problemas durante los viajes, pero si el pozo no tiene alta dificultad en ángulo y desplazamiento, el ensamblaje rotatorio representa una buena opción debido a los bajos costos esto sucede en el perfil de los pozos direccionales tipo “J”.
- ❖ Existen una gran cantidad de factores que inciden en los problemas que se suscitan en la broca ,por lo que es necesario conocer las formaciones que se van a atravesar y la litología correspondiente a esa formación; con este conocimiento previo, aplicar parámetros de perforación (GPM, ROP, RPM, ángulo de desviación, profundidad) y de fluidos (viscosidad, peso del lodo, velocidad anular, régimen de flujo) , adecuados para obtener una limpieza óptima del pozo que evite o disminuya la probabilidad de embolamiento.

6.3. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS :

1. EP Petroecuador. Disponible en www.eppetroecuador.com
2. Agencia de Regulación y Control Hidrocarburífero (ARCH). Disponible en <http://www.arch.gob.ec>. (2015)
3. Barrenas, Pemex, Unidad de perforación y mantenimiento de pozos (2003), capítulo 10, México.
4. Schlumberger, programa de entrenamiento de perforaciones de pozos, selección de barreras (2004).
5. Schlumberger, drilling school (2004), Barrena de Perforacion.
6. Enciclopedia del petrolero, Barrenas e Hidráulica de perforación (2000).
7. Schlumberger Oilfield Review, Diseño de Barrenas de Perforación, (Diciembre del 2011), volumen. 23.
8. Manual de fluidos de perforación, Instituto Americano del Petróleo (2001), Dallas Texas.
9. Datalog, procedimiento y operaciones en el pozo (2002), David Hawker, Karen Vogt.
10. Patrice Baby, Rivadeneira Marco, Barragán Roberto, (1999), "La Cuenca Oriente: Geología y Petróleo"
11. Baker Hughes Christensen, Manual, 2003 - Schlumberger, drilling school (2004), Brocas de Perforacion.
12. Schlumberger, programa de entrenamiento de perforaciones de pozos, selección de brocas - Schlumberger, Drilling School (2004)

6.4. BIBLIOGRAFÍA DE LA WEB:

1. Fuente: <http://ingenieraenpetroleo.blogspot.com/search/label/BARRENA>
2. Fuente: <https://es.scribd.com/doc/63752474/QUE-ES-UNA-BARRENA#scribd>
3. Fuente: <http://achjij.blogspot.com/2014/10/seleccion-de-mechas-e-hidraulica.htmlmore>
4. Fuente: <http://es.slideshare.net/romain45/05-triconos>
5. Fuente: <http://achjij.blogspot.com/2015/03/brocas-y-sarta-de-perforacion.html>
6. Fuente: http://issuu.com/biliovirtual/docs/proyecto_manolo
7. Fuente: <https://es.scribd.com/doc/103260684/Tesis-Seleccion-de-barrenas-para-perforacion-de-pozos-de-la-region-sur>
8. Fuente: <http://achjij.blogspot.com/2015/03/brocas-y-sarta-de-perforacion.html>
9. <http://pendientedemigracion.ucm.es/info/petrosed/glosario.htmlIP>

Anexo A

(Glosario de Términos)

Ángulo de inclinación: Es el ángulo formado del pozo con respecto a la vertical.

Blackstone: Roca negra.

Boulders: Cantos rodados.

Backreaming: Ultimo arrastre.

Bottom hole assembly (BHA): Ensamblaje de fondo.

Blow out preventer (BOP): Preventor de reventones.

Chert: Sílex, Esquisto, roca dura, oscura, opaca compuesta por sílice (calcedonia) con una textura amorfa o microscopio de grano fino. En las lentes sedimentarias están compuestas de piedra caliza, arenisca, limolita, lutita, pizarra.

Cutting: Recortes, Cortes ripios.

Desvío: Es la distancia horizontal de cualquier punto del pozo al eje vertical de referencia, también se le conoce como desplazamiento o desviación horizontal.

Drilling: Perforando.

Depth Out: Profundidad de Salida.

Drill Out: Salida de la broca.

Fishing: Pesca, Recuperación de herramientas perdidas.

Fish: Pescado, herramienta perdida.

Flow rate: Rata de flujo.

Flow line: Línea de flujo

Glauconita: En los materiales terciarios es un mineral del grupo de los silicatos.

Gallon for minute (GPM): Galones por minuto.

Gauge: Calibre.

Index cleaning (HCI): Índice de limpieza.

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

MD: Measured Depth, es la medida de longitud de la perforación realizada, más larga que la profundidad real del yacimiento, representa la distancia de la trayectoria del pozo.

Malacate: Es la parte principal en el sistema de izaje en un equipo de perforación.

Mud: Término equivalente a barro micrítico o “micrita”.

Mudstone: Caliza micrítica, fangolita.

Packstone: Roca carbonática grano-soportada, con matriz micrítica entre los granos.

Pad: Polietileno de Alta Densidad.

Rata: Tasa, valor establecido.

Rate Penetration (ROP): Rata de penetración.

Revolution for minute (RPM): Revoluciones por minuto.

Reamer: Rimador.

Reaming Bit: Broca de arrastre.

Rig Failure: Equipo de perforación con avería o fallo.

Saver sub: Sub ahorrador.

Subfisil: Subestremos.

Substrato: Subsuelo.

Stabilizer: Estabilizador.

Slide: Deslizamiento.

Side track: Desviación.

Shoulder bit: hombro de la broca.

Tándem: conjunto de dos elementos que se complementan, una tras otra en un mismo conjunto.

Trip: Viajes

Total depth: Profundidad total.

TVD: True Vertical Depth, Profundidad vertical verdadera, es la medida vertical real desde el nivel de superficie hasta el fondo del pozo.

Unplanned Trip: Viaje imprevisto

Wash pipe: Tubo de lavado, es relativamente grande tubular de diámetro interno que se puede poner sobre la herramienta perdida para enganchar y recuperar la herramienta perdida. Utilizada para facilitar la entrada en la cabeza del pescado o herramienta perdida, especialmente cuando este se encuentra recostado en el agujero.

Wackstone: Roca carbonática matriz-soportada, con > 10% de granos.

Wellsite geologist: Geología del pozo en el sitio

Weight on bit (WOB): Peso sobre la broca.

Anexo B

(Evaluación del Rendimiento Técnico de las Brocas)

CAMPOS SACHA Y SHUSHUFINDI																		
TABLA DE RESUMEN - PROPIEDADES DE LOS POZOS																		
Nº	BROCA			GEOLOGÍA					PERFORACIÓN							OBSERVACIONES		
	POZO	SECCIÓN	MARCA	TIPO	PROFUNDIDAD	TOPE DE LA FORMACIÓN	FORMACIONES	DESCRIPCIÓN DE LA LITOLOGÍA	ÁNGULO MAX. DESVIACIÓN	WOB	RPM	FLOW RATE	ROP	MAX PRESIÓN	PUNTO INICIO DESVIO (KOP)		NPT	PT
					FT	FT			°	KLBS		GPM	FT/HRS	PSI	FT		HRS	HRS
SACHA X-2	12 1/4"	BAKER HUGHES	HCD605X	7447	7411	ORTEGUAZA	LUTITA Y ARENISCA	44,29°	12-40	241	850	40,20	3900	2871	63	634	Cambio de broca en esta sección por embolamiento.	
						TIYUYACU	ARCILLA Y CHERT											
SACHA X-3	16"	BAKER HUGHES	HCD605S	4011	3973	TERC. IND.	CALIZA Y CONGLOMERADO	32,22°	14-35	248	990	216,36	4000	4100	65	485	Desgaste de la broca	
SACHA X-5	8 1/2"	BAKER HUGHES	HCD506Z	9965	9925	TENA	ARCILLA	18,23°	14-22	218	420	64,29	2200	920	58	383,5	Optimización de perforación para una mejor estrategia de brocas	
						NAPO	LUTITA, CALIZA Y ARENISCA											
SACHA X-6	16"	BAKER HUGHES	HCD605S	4020	3994	TERC. IND.	CALIZA Y CONGLOMERADO	32,16°	8-32	235	1000	156,76	3900	822	20,5	451,5	Bajo ROP en los primeros 150', embolamiento de broca y pérdida de un jet.	
SACHA X-7	12 1/4"	BAKER HUGHES	HCD605X	7500	7463	TERC. IND.	CALIZA Y CONGLOMERADO	30,78°	8-36	257	850	47,21	3900	1833	139,5	490,5	Un galonaje moderado, un buen desempeño de la herramienta y se evitara el embolamiento.	
						ORTEGUAZA	LUTITA Y ARENISCA											
						TIYUYACU	ARCILLA Y CHERT											
SACHA X-10	12 1/4"	SMITH BITS	MSI519HSPXX	8475	8433	ORTEGUAZA	LUTITA Y ARENISCA	37,49°	2-30	112-165	650-950	41,96	1900-3850	500	79	534	La broca sale en malas condiciones, la razón de salida es por cambio de formación.	
						TIYUYACU	ARCILLA Y CHERT											
	8 1/2"	SMITH BITS	MDI619LBPX	10212	10170	TENA	ARCILLA	27,49°	10-30	172-202	400	40,71	2100	500			La broca sale en buenas condiciones y la razón de salida es por llegar a profundidad total	
						NAPO	LUTITA, CALIZA Y ARENISCA											
SACHA X-13	12 1/4"	SMITH	MSI519LMHSBPXX	7560	7515	TIYUYACU	ARCILLA Y ARENISCA	95,91°	4-20	152-216	750-850	50,46	2200-2900	500	82,5	965	Reducir caudal a 700 GPM en la zona y controlar parámetros para evitar desgaste innecesario de la broca.	
SHUSHUFINDI X-1	16"	SMITH BITS	SDI519MHPX	3822	3777	TERC. IND.	CALIZA Y CONGLOMERADO	33,95°	2-18	190	950-1000	141,85	3400	100	70,56	572	Embolamiento de broca y BHA al atravesar formación.	
	12 1/4"	SMITH BITS	MSI519HSPX	8147	8102	ORT/TIY/CGLSUP-CGLINF/TENA	CALIZA,ARCILLA,CGL Y ARENISCA	33,95°	10-25	220	700-800	55,86	2600-3800	100				Baja ROP durante deslizamiento para verticalizar el pozo
SHUSHUFINDI X-2	16"	SMITH BITS	SDI519MHPX	3946	3902	TERC. IND.	CALIZA Y CONGLOMERADO	28,38°	10-20	176	400-1050	123,76	550-3300	504	21	557	Mantenimiento preventivo de las bombas, para evitar perder todas durante la operación	
SHUSHUFINDI X-9	26"	SMITH BITS	XR+C	192	145	TERC. IND.	CALIZA Y CONGLOMERADO	19,4°	8-15	35-70	150-450	22,14	50-350	1100	161	510	Con desgaste por abrasión en toda la estructura de corte por la perforación de canto rodados.	
	16"	SMITH BITS	SDI519MHPX	5280	5233	TERC. IND.	CALIZA Y CONGLOMERADO	19,4°	23-35	128-212	800-1200	230,23	750-3800	1100				La broca y el BHA salen embolados.
	8 1/2"	SMITH BITS	MDI616LBPX	9585	9538	NPO/AREN/TSUP-TINF	CALIZA, ARCILLA Y ARENISCA	19,4°	8-16	138-196	350-380	55,80	1200-1400	1100				Determinar que la densidad del lodo sea menor a la presión de fractura de la formación.

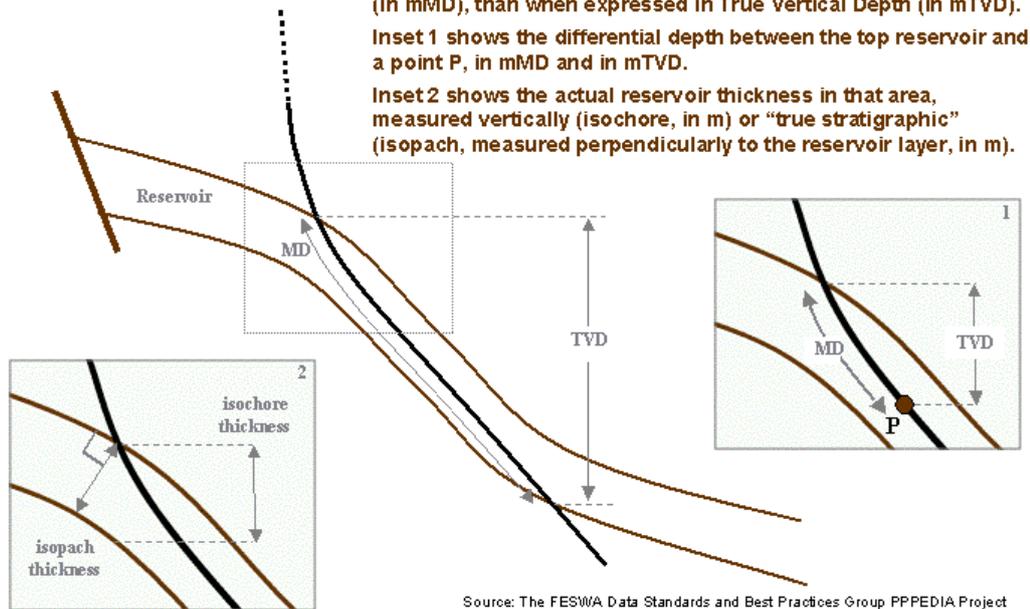
Rendimiento Alto

Rendimiento Bajo

Optimización de Perforación

Anexo C (Diferencial de Profundidades)

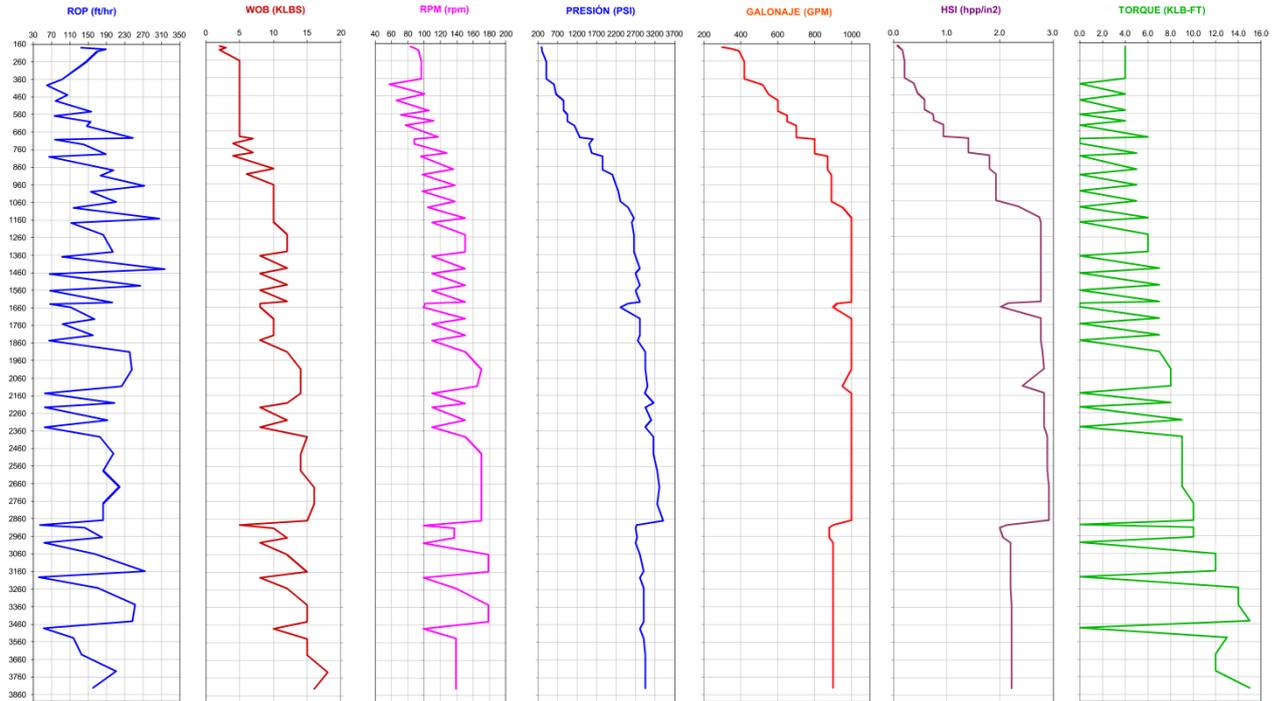
Differential depths: reservoir thickness



Debido a que los pozos no siempre son perforados verticalmente, puede haber dos "profundidades" para cada punto dado en un pozo: la profundidad medida (MD) medida a lo largo de la trayectoria de la perforación, y la profundidad vertical verdadera (TVD), la distancia vertical absoluta entre el punto de referencia y el punto en el pozo. En los pozos perfectamente verticales, la TVD es igual a la MD; de lo contrario, la TVD es menor que el MD medido desde el mismo punto de referencia.

Anexo D

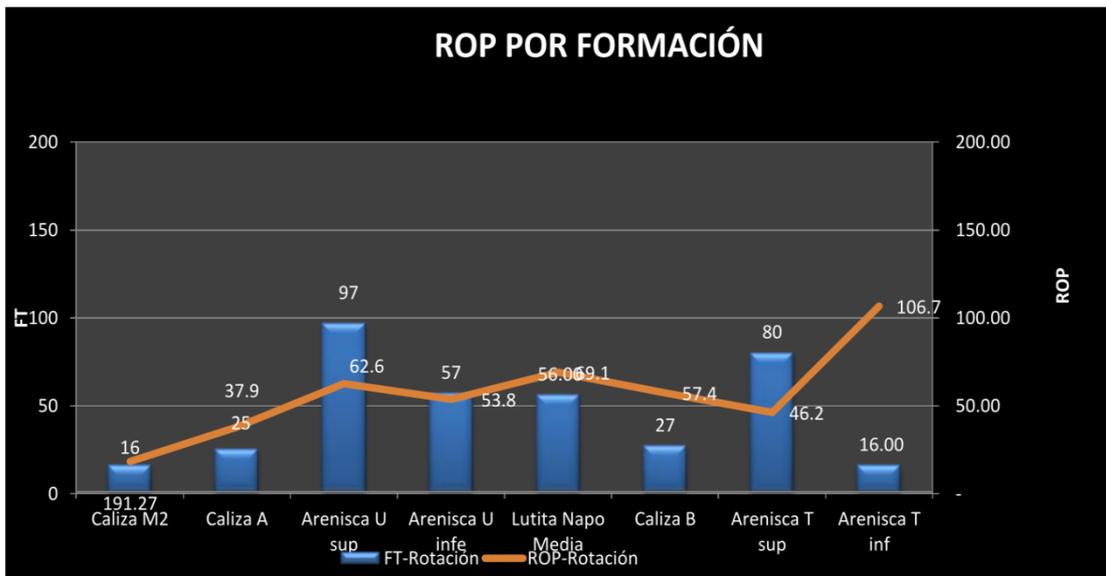
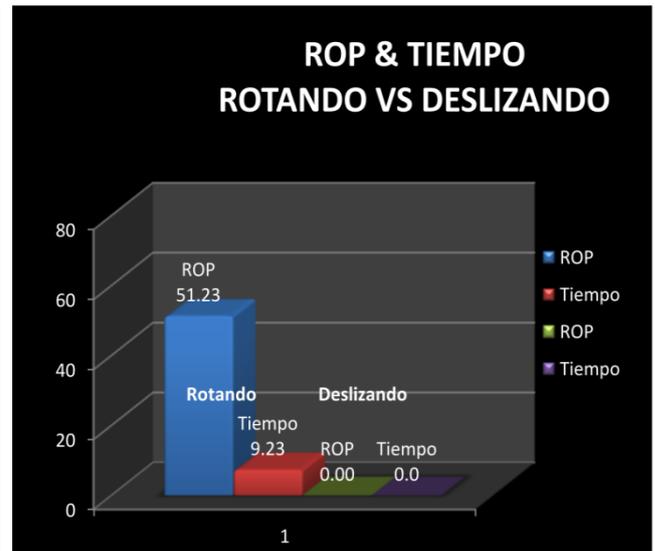
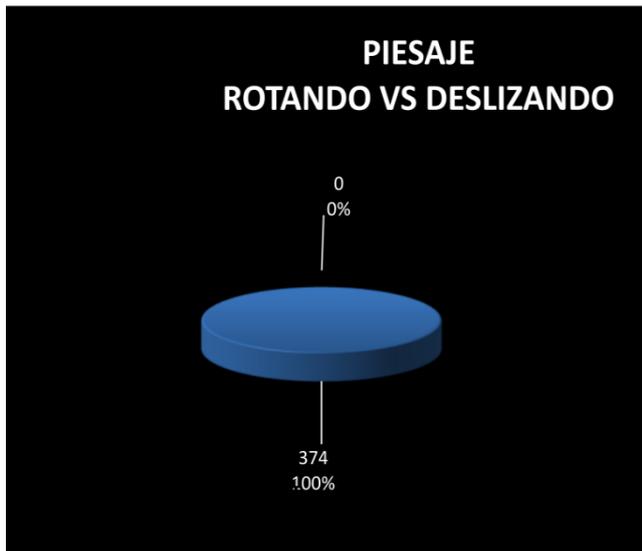
(Evaluación de Parámetros de Perforación del Pozo Centro Oriente Shushufindi – X1)



Se Inició la perforacion de una nueva formación de Terciario Indiferenciado con parámetros controlados psb: 2-5 klbs., rpm: 40+43, caudal: 390 gpm, presión: 300 psi, torque: 1-2 fts/lbs.,

Para evitar fracturar la formación y desviación del pozo, a medida que se avance en la profundidad se va incrementando el galonaje.

A partir de la profundidad de 361' se inició el kop del pozo, deslizando en razón de 1.8 C/100ft para llegar a inclinación de 32 . y azimut de 350 . Perforó desde 361' hasta 3822' rotando y deslizando, (a medida que se avanzaba en la perforación se incremento el caudal hasta 1000 gpm) , se roto con un PSB: 10-18 klbs, RPM: 40-80+110, Caudal: 900-1000 gpm, Presión: 3400 psi, Torque: 0-15 fts/lbs. Alcanzando una inclinación de 33.75 y un azimut de 350.48 .



Registro del BHA más rendidor



Schlumberger

Field Name	Shushufindi	Borehole Name	SSF-124D	Hole Size (in)	16.000
Structure Name	Shushufindi 29-SLB	BHA Name	BHA#2	Depth In (ft)	168
Well Name	Shushufindi 124			Depth Out (ft)	3823

Desc.	Manu.	Serial Number	OD (in)	Max OD (in)	Bot. (in)	Bot Type	Bot Gender	FN OD (in)	FN Length (ft)	Length (ft)	Cum. Length (ft)	Cum. Weight (1000 lbm)
			ID (in)		Top (in)		Top Type					
1 16" PDC Bit SDI519MHPX A962M 5:6 4.0 XP w/ 15 3/4" Sleeve Stab; BH=1.5; Rev/Gal=0.11	Smith	JE6784	8.750	16.000	7.625	REG	Pin	0.000	0.00	1.10	1.10	0.5
			9.625		7.625	REG	Box	9.625				
2 Rev/Gal=0.11	Schlumberger	N7472	7.880	15.750	6.625	REG	Box	1.25	1.25	30.18	31.28	6.2
			8.250		6.625	REG	Pin					
3 Float Sub	Schlumberger	ECC7059	2.875	8.250	6.625	REG	Box		2.25	33.53	6.5	
4 8" Pony Monel	Schlumberger	57275-5	8.250	8.340	6.625	REG	Box	0.00	0.00	9.94	43.47	8.1
			8.125		6.625	REG	Pin	8.125				
5 14 5/8" String Stabilizer	Schlumberger	35992	3.375	14.625	6.625	REG	Box	2.37	2.37	6.08	49.55	9.1
			8.250		6.625	REG	Pin	0.000				
6 Slim Pulse	Schlumberger	1814	5.900	8.410	6.625	REG	Box	1.55	1.55	34.57	84.12	13.4
			8.000		6.625	REG	Pin	0.000				
7 UBHO	Gyro Data	013	2.875	8.000	6.625	REG	Box	0.00	0.00	2.88	87.00	13.8
			7.750		6.625	REG	Pin	0.000				
8 Monel	Schlumberger	44429	2.875	8.000	6.625	REG	Box	0.00	0.00	28.00	115.00	17.7
			8.250		6.625	REG	Pin	0.000				
9 2 x 8" Drill Collar	Sinopec	N/A	3.000	8.250	6.625	REG	Box	0.00	0.00	59.66	174.66	27.0
			8.000		6.625	REG	Pin	0.000				
10 Crossover	Sinopec	N/A	2.750	8.000	4.500	IF	Box	0.00	0.00	2.73	177.39	27.5
			5.000		4.500	IF	Pin	0.000				
11 9 x 5" HWDP	Sinopec	N/A	3.000	6.500	4.500	IF	Box	0.00	0.00	274.97	452.36	41.3
			6.625		4.500	IF	Pin	6.688				
12 Hydro Mechanical Jar	Smith	49736H	2.563	6.688	4.500	IF	Box	7.00	7.00	32.12	484.48	43.2
			5.000		4.500	IF	Pin	0.000				
13 19 x 5" HWDP	Sinopec	N/A	3.000	6.500	4.500	IF	Box	0.00	0.00	576.12	1060.60	72.2

BHA Comments		Total Length (ft)	1,060.60
		Total Weight in Air (1000 lbm)	72.2
		Total Buoyant Weight (1000 lbm)	61.9
		Buoyant Weight Below Jar (1000 lbm)	35.8
		Weight in Air Below Jar (1000 lbm)	41.3

Stabilizer Summary	
Blade Length (ft)	Blade Mid-Pt to Bit (ft)
7.500	3.430
1.160	46.380

Sensor Summary	
Type	Distance to Bit (ft)
D+	66.27

BHA Nozzle Summary	
Bit Nozzle	Reamer Nozzle
Count	Count
6	12,000
2	13,000
	TFA (in ²)
	0.000
	PD Flow Restrictor
	(1/32 in)
	Rotor By Pass Nozzle
	(1/32 in)
	0.000

Mud Properties			
Mud Weight (lbm/gal)	9.9	YP (lb/100ft ²)	16
Funnel Viscosity (s)	25	PV (cP)	16

Date In	10-Jul-12
Date Out	12-Jul-12
Approved By	D Santillan / E Huaman

El más rendidor fue BHA # 2 del pozo Shushufindi – X1 de la sección de 16”.

Evaluación BHA # 2 del pozo Centro Oriente Shushufindi – X1

Schlumberger		BHA # 2 - REPORTE DE RENDIMIENTO - Desde 168 ft hasta 3823 ft			
Año: 2012		Ecuador Land		Tipo BHA: Steerable motor	
Cliente: <u>Consorcio Shushufindi</u> Pozo: <u>Shushufindi 124-D</u> Taladro: <u>Sinopec 128</u>		Ing: <u>D. Santillan/ E. Huaman</u> Coman: <u>Jorge Perez.</u> Locación: <u>Ecuador Land</u>		Fecha Prof. Incl. Azm. Tvd Entra 10-Jul 168' 0.3° 126.0° 168' Sale 12-Jul 3823' 33.8° 350.5° 3477'	
DETALLE DE LA CORRIDA		DETALLE DE LA BROCA		DETALLE DEL MOTOR	
BHA # 2 Perforacion (hrs) 25.76 Repasado (hrs) 0.0 Circulacion (hrs) 5.00 Total (hrs) 30.76		Broca # 2 Tamaño 16" Tipo PDC/SDI519MHPX Codigo IADC S123 Serie # JE6784 Jets/TFA 6x12,2x13/0.922 Long. Calibre 3 Calificación IADC INNER 0 OUTER 1 DULL BT LOC S BRG X GAUGE I NO OTHER BHA RSN		Tipo Motor XP Serial N7472 Reusado No Bend Housing 1.50° Rotor Jet 0 Bend Sub N/A Bearing in 1 mm Bearing out 2 mm	
DETALLE DE FLUIDOS		CALCULO DE PESOS DEL BHA		DETALLES DIRECCIONALES	
Tipo Nativo Disperso PV/YP 9/16 Peso 10.0 SND% 0.20 TEMP 156 Visc 37 Solidos 11% Cloruros 300 MBT 17.5		En Aire En Lodo Peso Disp Peso del BHA 72 K 61 K 51 K Peso Bajo el JAR 41 K 35 K 29 K Peso Arriba del JAR 31 K 26 K 22 K Angulo del Hoyo 33.8°		Max capacidad DLS 2.07 °/100ft Prom capacidad DLS 1.50 °/100ft Prom. DLS sobre corrida 1.50 °/100ft Construcción (100% ROT) 0.86 °/100ft Giro (100% ROT) -3.63 °/100ft	
PARAMETROS DE PERFORACION		@ TD			
Total FTG 3655' % 100.0% HRS 25.8 ROP 141.9 Max Peso 20 Rotado 2955' 80.8% 15.9 185.7 20 Deslizado 700' 19.2% 9.9 71.1 16		Torque Promedio 12.0 RPM Superficie 40 RPM Fondo 150 Flujo Promedio 1000 Max presión 3650		Torq aire 8.0 Peso Subiendo 165 Peso Rotando 140 Peso Bajando 120 FFHoyo Entubado N/A FF Hoyo Abierto 0.20	
COMENTARIOS GENERALES:					
Cumplio con el objetivo planificado. Se rota la mayoría de la corrida , ya que el BHA tubo una tendencia muy ligera a crecer con lo cual solo necesito poco slide para corregir la inclinacion y el azimut del pozo, con lo cual se pudo optimizar al maximo el porcentaje de rotacion.			OBJETIVO DEL BHA: Perforar vertical hasta 400 ft y realizar el KOP a razon de 1.7 deg/100 ft hasta llegar a los 32.25 grados para continuar perforando tangente hasta la profundidad de 3885 ft.		
RECOMENDACIONES:					
- Continuar con el uso de caudales altos de trabajo de entre 950 - a 1050 gl/min. - Revisar la curva de pesos de lodo para evitar problemas en el viaje de calibre a superficie ya que se encontraron algunos puntos apretados. - Continuar con el uso del mismo diseño de BHA para tramos tangentes debido al buen rendimiento que tiene en rotacion.			RESULTADOS DEL BHA - BHA perfora hasta la profundidad esperada, de acuerdo a lo planificado.		
RAZON POR SACAR A SUPERFICIE:					
Saca para cambio de BHA.					
CONDICION DEL BHA:					
Desgaste de bearings del motor de 1.mm, sin desgaste en estabilizadores.					
OBSERVACIONES:					

El mejor rendimiento fue del BHA #2 con un intervalo de 3654 pies perforados, desde 168 ft hasta 3823 ft de profundidad en el pozo.

Anexo E (Rev. / Gal)

Revoluciones totales en broca cuando se corre motor de fondo y se rota en superficie:

Existe la manera de calcular las revoluciones por minuto (RPM) totales en el fondo cuando se usa motor de Fondo en la sarta de perforación y en superficie se está aplicando rotación de la mesa. Hay dos componentes que contribuyen a la totalidad de las revoluciones de la broca de perforación en el fondo cuando se está usando el motor.

Las RPM del rotor del motor de fondo de perforación:

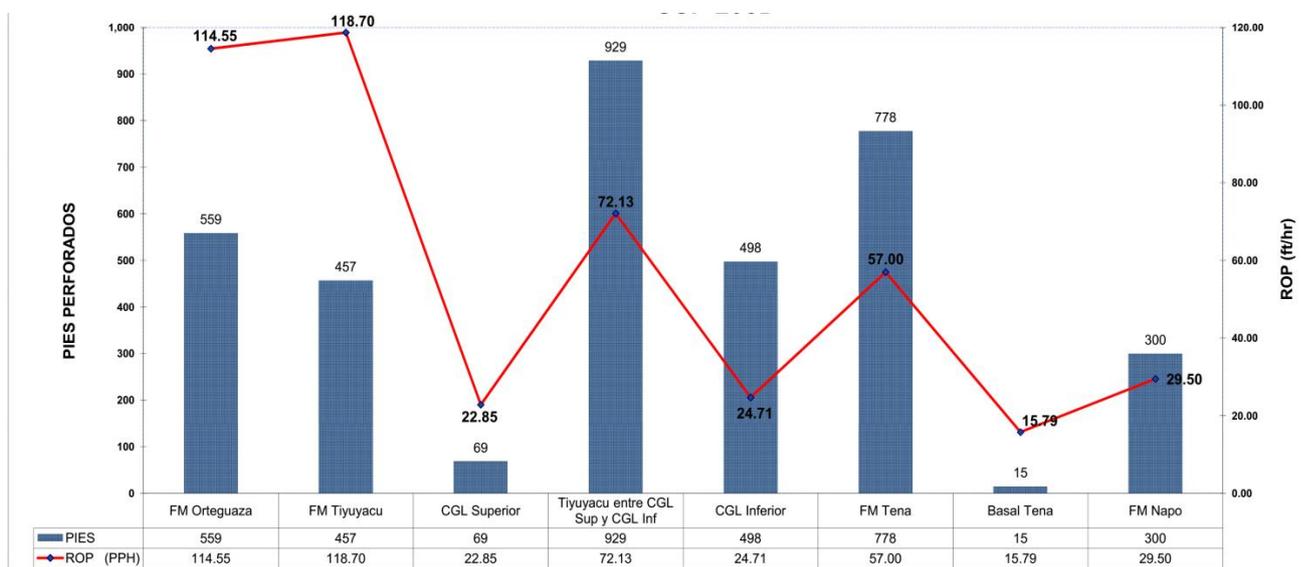
Cada motor de fondo de perforación tiene su propia data de rendimiento específico, la cual dice cuántas revoluciones por cada minuto puede brindar en función de la tasa de flujo (Galonaje) que fluye a través del pozo.

Por ejemplo como se observa en la imagen de abajo, se muestra en Revoluciones por Galones (Rev./Gal) que un motor en específico podría rendir durante la perforación, que en este caso sería que el rotor girará 0.147 giros/min por cada Galón/minuto de lodo de perforación que fluya a través del pozo.



PERFORMANCE DATA			
Standard Flow Range	300 - 900	gpm	(1,136 -
Bit Speed Range (Free Running)	31 - 132	RPM	
Rev./Gal (Rev./Litre)	0.147		(0.039)
Max. Operating Torque	8,509	ft*lbs	(11,537 N*m)
Max. Operating HP (Theoretical)	213.9	HP	(159.5 KW)

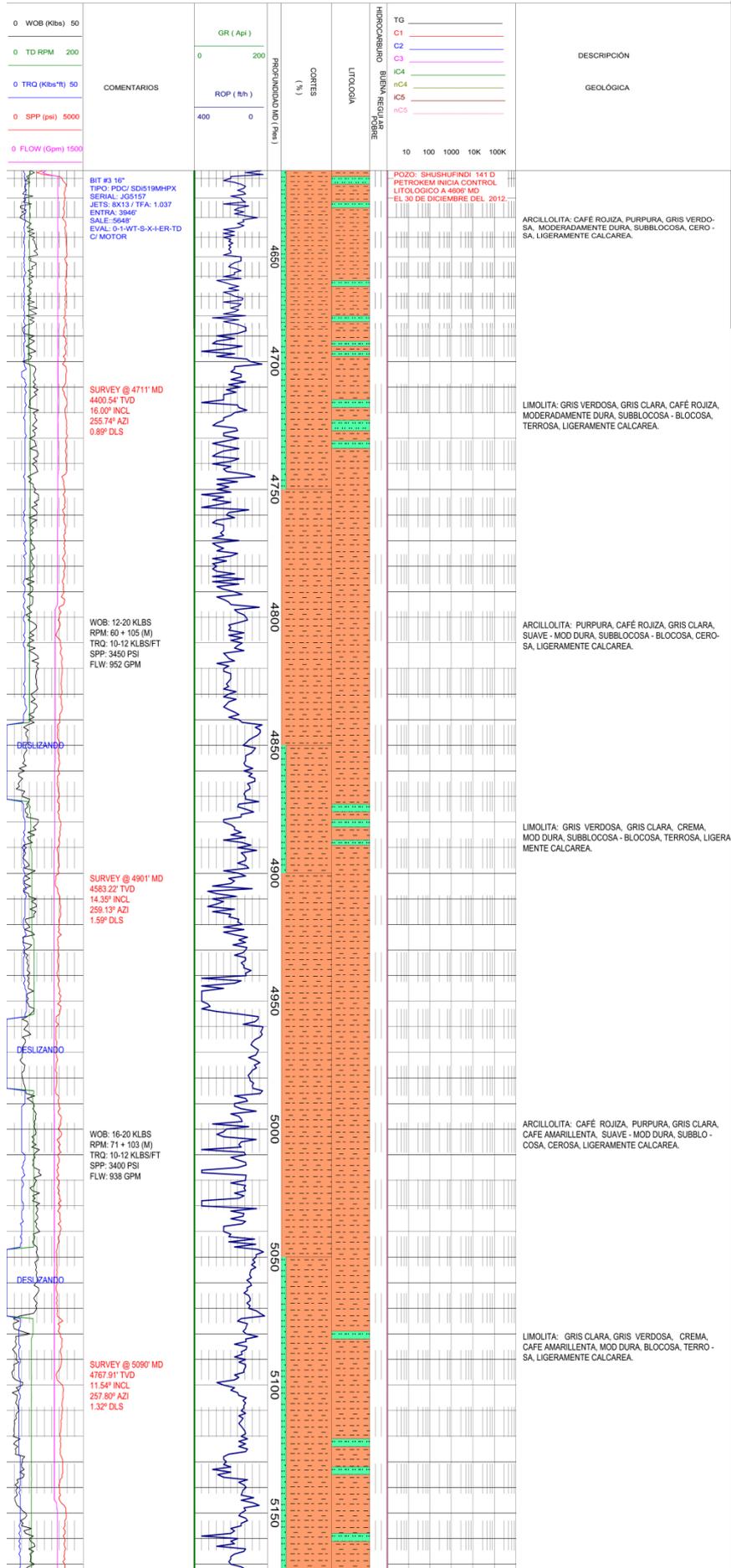
Anexo F (Rendimiento por Formación Sección 12 1/4")

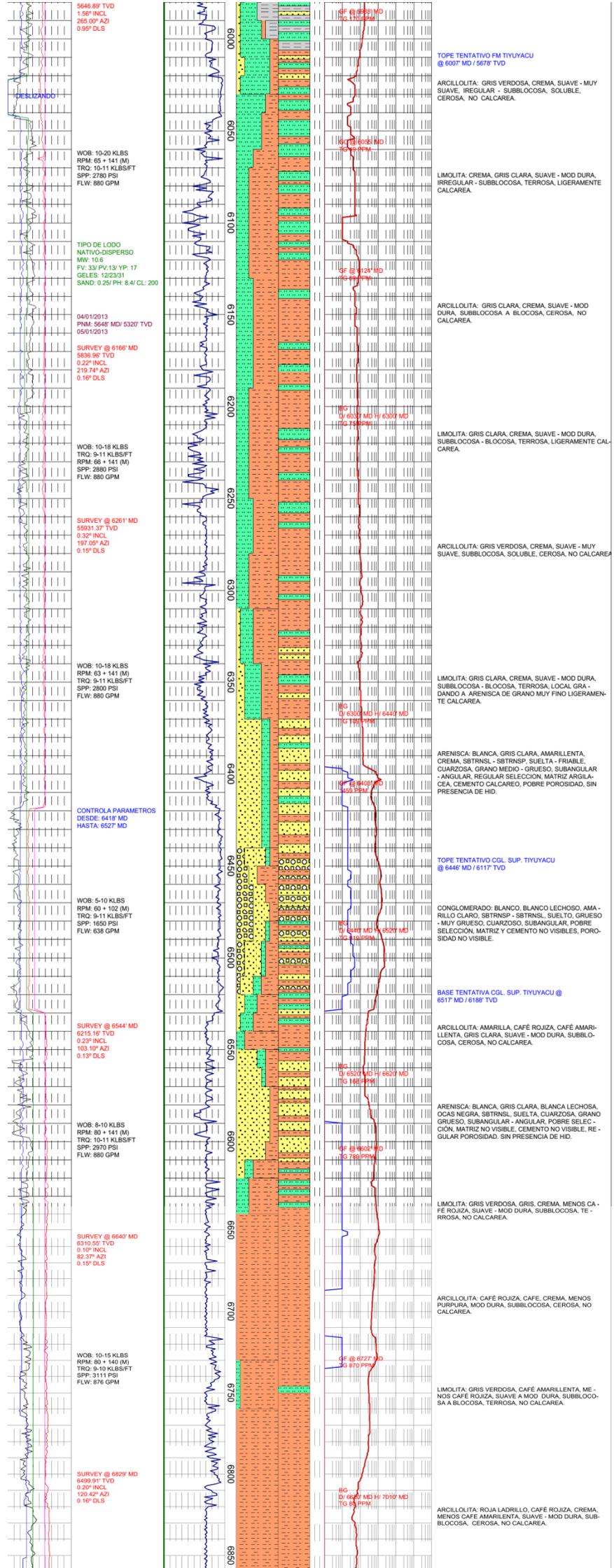


Perforando en FM Tiyuyacu, el 46,97% del tiempo es controlado para pasar los conglomerados y mantener la estructura de corte en buenas condiciones. Se observa que la ROP se mantiene bajo, 15-20 ft/h hasta Tena. Trabajados los parámetros para mejorar ROP, pero no efectivo, recomendar sacar a superficie. En la formación Basal Tena controlamos rigurosamente el parámetro y ROP para no danificar la broca y finalizar la sección sin desgaste prematuro. Se Perforo normalmente en la formación Napo, Caliza M1Y M2.

Anexo G

(Registro Masterlog de Evaluación de Formación)





DESLIZANDO

WOB: 10-20 KLBS
RPM: 65 + 141 (M)
TRQ: 10-11 KLBS/FT
SPP: 2780 PSI
FLW: 880 GPM

TIPO DE LODO
NATIVO-DISPERSO
MW: 10.6
FV: 33 PV: 13 VP: 17
GELES: 12/23/31
SAND: 0.25 PH: 8.4 CL: 200

04/01/2013
PHM: 5648 MD / 5327 TVD
05/01/2013

SURVEY @ 6166' MD
5836.96 TVD
0.22° INCL
219.74° AZI
0.16° DLS

WOB: 10-18 KLBS
RPM: 68 + 141 (M)
TRQ: 9-11 KLBS/FT
SPP: 2800 PSI
FLW: 880 GPM

SURVEY @ 6261' MD
5531.37 TVD
0.32° INCL
197.05° AZI
0.15° DLS

WOB: 10-18 KLBS
RPM: 63 + 141 (M)
TRQ: 9-11 KLBS/FT
SPP: 2800 PSI
FLW: 880 GPM

CONTROLA PARAMETROS
DESDE: 6418 MD
HASTA: 6527 MD

WOB: 5-10 KLBS
RPM: 60 + 102 (M)
TRQ: 9-11 KLBS/FT
SPP: 1650 PSI
FLW: 638 GPM

SURVEY @ 6544' MD
6215.16 TVD
0.23° INCL
103.10° AZI
0.13° DLS

WOB: 8-10 KLBS
RPM: 60 + 141 (M)
TRQ: 10-11 KLBS/FT
SPP: 2970 PSI
FLW: 880 GPM

SURVEY @ 6640' MD
6310.35 TVD
0.10° INCL
82.37° AZI
0.19° DLS

WOB: 10-15 KLBS
RPM: 80 + 140 (M)
TRQ: 9-10 KLBS/FT
SPP: 3111 PSI
FLW: 876 GPM

SURVEY @ 6829' MD
6499.91 TVD
0.20° INCL
120.42° AZI
0.16° DLS

TOPE TENTATIVO FM TIYUYACU
@ 6007 MD / 5678 TVD

ARCILLOLITA: GRIS VERDOSA, CREMA, SUAVE - MUY SUAVE, IRREGULAR - SUBBLOCOSA, SOLUBLE, CEROSA, NO CALCAREA.

LIMOLITA: CREMA, GRIS CLARA, SUAVE - MOD DURA, IRREGULAR - SUBBLOCOSA, TERROSA, LIGERAMENTE CALCAREA.

ARCILLOLITA: GRIS CLARA, CREMA, SUAVE - MOD DURA, SUBBLOCOSA A BLOCOSA, CEROSA, NO CALCAREA.

LIMOLITA: GRIS CLARA, CREMA, SUAVE - MOD DURA, SUBBLOCOSA - BLOCOSA, TERROSA, LIGERAMENTE CALCAREA.

ARCILLOLITA: GRIS VERDOSA, CREMA, SUAVE - MUY SUAVE, SUBBLOCOSA, SOLUBLE, CEROSA, NO CALCAREA.

LIMOLITA: GRIS CLARA, CREMA, SUAVE - MOD DURA, SUBBLOCOSA - BLOCOSA, TERROSA, LOCAL GRA - DIANCO A ARENISCA DE GRANO MUY FINO LIGERAMENTE CALCAREA.

ARENISCA: BLANCA, GRIS CLARA, AMARILLENTO, CREMA, SBTRNSL - SBTRNSP, SUELTA - FRIBLE, CUARZOSA, GRANO MEDIO - GRUESO, SUBANGULAR - ANGULAR, REGULAR SELECCION, MATRIZ ARGILICA, CEMENTO CALCAREO, POBRE POROSIDAD, SIN PRESENCIA DE HID.

TOPE TENTATIVO CGL SUP. TIYUYACU
@ 6446 MD / 6117 TVD

CONGLOMERADO: BLANCO, BLANCO LECHOSO, AMARILLO CLARO, SBTRNSP - SBTRNSL, SUELTO, GRUESO - MUY GRUESO, CUARZOSO, SUBANGULAR, POBRE SELECCION, MATRIZ Y CEMENTO NO VISIBLES, POROSIDAD NO VISIBLE.

BASE TENTATIVA CGL SUP. TIYUYACU @
6517 MD / 6188 TVD

ARCILLOLITA: AMARILLA, CAFÉ ROJIZA, CAFÉ AMARILLENTO, GRIS CLARA, SUAVE - MOD DURA, SUBBLOCOSA, CEROSA, NO CALCAREA.

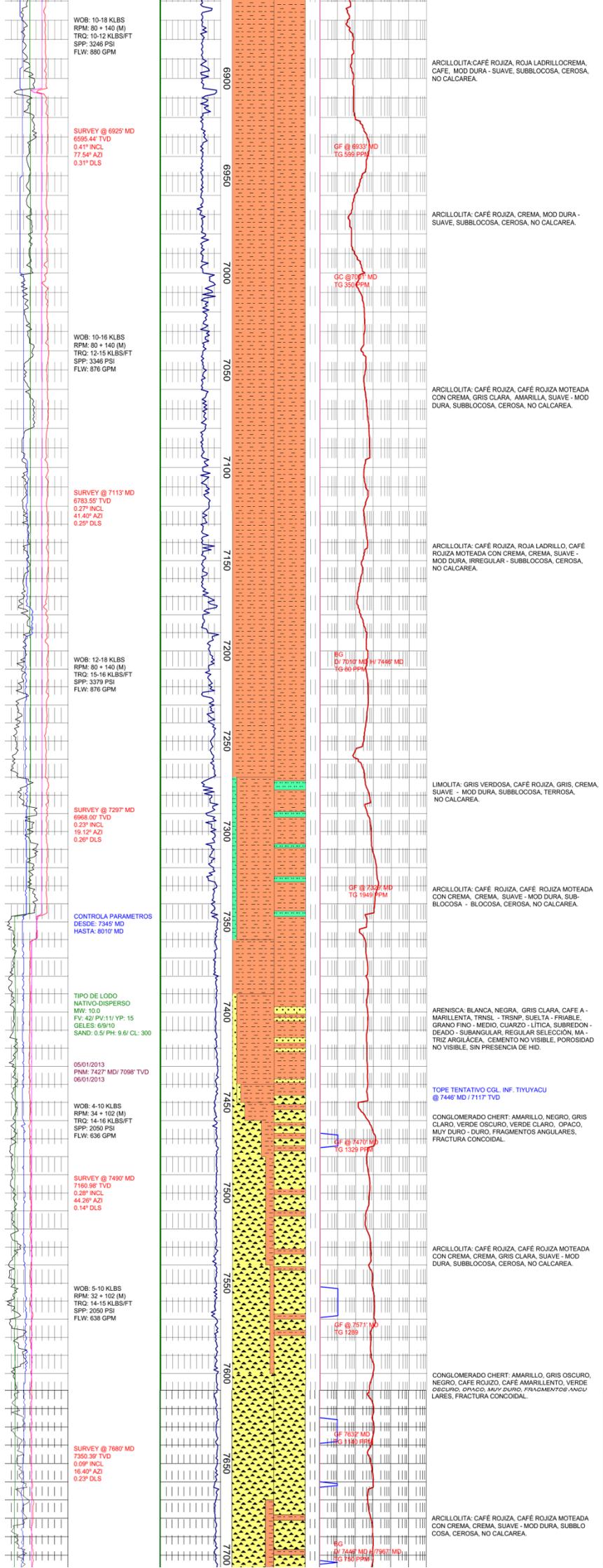
ARENISCA: BLANCA, GRIS CLARA, BLANCA LECHOSA, OCAS NEGRA, SBTRNSL, SUELTA, CUARZOSA, GRANO GRUESO, SUBANGULAR - ANGULAR, POBRE SELECCION, MATRIZ NO VISIBLE, CEMENTO NO VISIBLE, REGULAR POROSIDAD, SIN PRESENCIA DE HID.

LIMOLITA: GRIS VERDOSA, GRIS, CREMA, MENOS CAFÉ ROJIZA, SUAVE - MOD DURA, SUBBLOCOSA, TERROSA, NO CALCAREA.

ARCILLOLITA: CAFÉ ROJIZA, CAFÉ, CREMA, MENOS PURPURA, MOD DURA, SUBBLOCOSA, CEROSA, NO CALCAREA.

LIMOLITA: GRIS VERDOSA, CAFÉ AMARILLENTO, MENOS CAFÉ ROJIZA, SUAVE A MOD DURA, SUBBLOCOSA A BLOCOSA, TERROSA, NO CALCAREA.

ARCILLOLITA: ROJA LADRILLO, CAFÉ ROJIZA, CREMA, MENOS CAFÉ AMARILLENTO, SUAVE - MOD DURA, SUBBLOCOSA, CEROSA, NO CALCAREA.



WOB: 18-21 KLBS
RPM: 75 + 137 (M)
TRQ: 15 - 17 KLBS/FT
SPP: 3620 PSI
FLW: 857 GPM

CONTROLA PARAMETROS
DESDE: 8680 MD
HASTA: 8727 MD

WOB: 10-15 KLBS
RPM: 40 + 111 (M)
TRQ: 14 - 15 KLBS/FT
SPP: 2424 PSI
FLW: 661 GPM

SURVEY @ 8814' MD
8485.08' TVD
0.35° INCL
48.28° AZI
0.17° DLS

WOB: 16-28 KLBS
RPM: 80 + 127 (M)
TRQ: 16 - 18 KLBS/FT
SPP: 3250 PSI
FLW: 792 GPM

TIPO DE LODO
NATIVO-DISPERSO
MW: 10.3
FV: 46/ PV: 19/ YP: 20
GELES: 9/16/24
SAND: 0.5/ PH: 9.7/ CL: 300

08/01/2013
PNM: 8688' MD / 8659' TVD
09/01/2013

SURVEY @ 9005' MD
8675.20' TVD
0.17° INCL
5.07° AZI
0.29° DLS

WOB: 10-20 KLBS
RPM: 75 + 129 (M)
TRQ: 15 - 20 KLBS/FT
SPP: 3350 PSI
FLW: 808 GPM

SURVEY @ 9139' MD
8653.81' TVD
0.36° INCL
17.65° AZI
0.23° DLS

TIPO DE LODO
NATIVO-DISPERSO
MW: 10.6
FV: 48/ PV: 19/ YP: 20
GELES: 7/16/23
SAND: 0.5/ PH: 9.9/ CL: 600

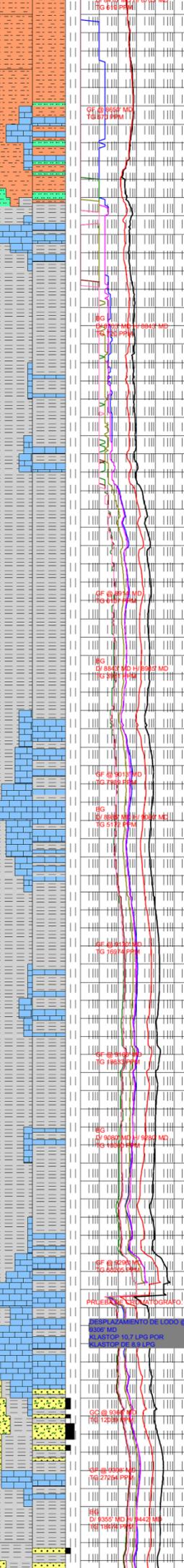
09/01/2013
PNM: 9296' MD / 8967' TVD
10-12/01/2013

ZAPATO CSG 9.5"
@ 9296' MD / 8967' TVD

FIT @ 9311' MD
1600 PSI / 12.5 LPG

BIT #5 8 1/2"
TIPO: MD16LBPX
SERIAL: JF9285
JETS: 6X13 / TFA: 0.778
ENTRA: 9296'
SALE: 9050'
EVAL: D-2-WT-S-X-INO-TD
C/ MOTOR

WOB: 16-22 KLBS
RPM: 90 + 118 (M)
TRQ: 15 - 20 KLBS/FT
SPP: 2260 PSI
FLW: 420 GPM



LIMOLITA: CAFÉ AMARILLENTO, CAFÉ OSCURA, ME-
NOS CREMA, MOD DURA, SUBBLOCOSA, TERROSA,
LIGERAMENTE CALCAREA.

CALIZA: PACKSTONE - MUDSTONE, CREMA, GRIS
CLARA, SUAVE - MOD DURA, SUBBLOCOSA, POROSI-
DAD NO VISIBLE, SIN PRESENCIA DE HID.

TOPE TENTATIVO BASAL TENA
@ 8685' MD / 8356' TVD

ARCILLITA: CREMA, CAFÉ AMARILLENTO, CAFÉ OS-
CURA, GRIS, MOD DURA - SUAVE, BLOCOSA - SUB-
BLOCOSA, TERROSA - CEROSA, NO CALCAREA.

TOPE TENTATIVO FORMACION NAPO
@ 8703' MD / 8374' TVD

LUTITA: GRIS OSCURA, GRIS, MENOS NEGRA, SUAVE
- MOD DURA, SUBFISIL - FISIL, SUBLAMINAR, PLANAR,
CEROSA, NO CALCAREA.

CALIZA: MUDSTONE - WACKSTONE, CREMA, GRIS
OSCURO MOTEADA CON CREMA, MOD DURA, SUB-
BLOCOSA, POROSIDAD NO VISIBLE, SIN PRESENCIA
DE HID.

LUTITA: NEGRA, GRIS OSCURA, MOD DURA - SUAVE,
SUBFISIL, SUBLAMINAR, PLANAR, ASTILLOSA, CEROSA,
LIGERAMENTE CALCAREA.

TOPE TENTATIVO CALIZA "M-1"
@ 8985' MD / 8659' TVD

CALIZA: PACKSTONE - MUDSTONE, GRIS OSCURA,
GRIS OSCURA MOTEADA CON CREMA, LOCAL NEGRA,
SUAVE - MOD DURA, SUB BLOCOSA - BLOCOSA, PO-
ROSIDAD NO VISIBLE, SIN PRESENCIA DE HID.

CALIZA: PACKSTONE, CREMA, GRIS CLARA, GRIS
OSCURO, CREMA MOTEADA CON GRIS OSCURA, MOD
DURA, BLOCOSA - SUBBLOCOSA, POROSIDAD NO
VISIBLE, SIN PRESENCIA DE HID.

LUTITA: GRIS OSCURA, NEGRA, SUAVE - MOD DURA,
SUBFISIL - FISIL, SUBLAMINAR, QUEBRADIZA, CEROSA,
LIGERAMENTE CALCAREA.

CALIZA: MUDSTONE - PACKSTONE, NEGRA, GRIS OS-
CURA MOTEADA CON CREMA, GRIS OSCURA, CRE-
MA, MENOS GRIS CLARA, SUAVE - MOD DURA, IRE-
GULAR, POROSIDAD NO VISIBLE, SIN PRESENCIA DE
HID.

LUTITA: GRIS OSCURA, NEGRA, SUAVE - MOD DURA,
FISIL - SUB FISIL, SUB LAMINAR, QUEBRADIZA, TE -
RROSA, LIGERAMENTE CALCAREA.

TOPE TENTATIVO CALIZA "M-2"
@ 9281' MD / 8952' TVD

CALIZA: MUDSTONE - PACKSTONE, NEGRA, GRIS OS-
CURA MOTEADA CON CREMA, GRIS OSCURA, CRE-
MA, MENOS GRIS CLARA, SUAVE - MOD DURA, IRE-
GULAR, POROSIDAD NO VISIBLE, SIN PRESENCIA DE
HID.

TOPE TENTATIVO CALIZA "A"
@ 9323' MD / 8994' TVD

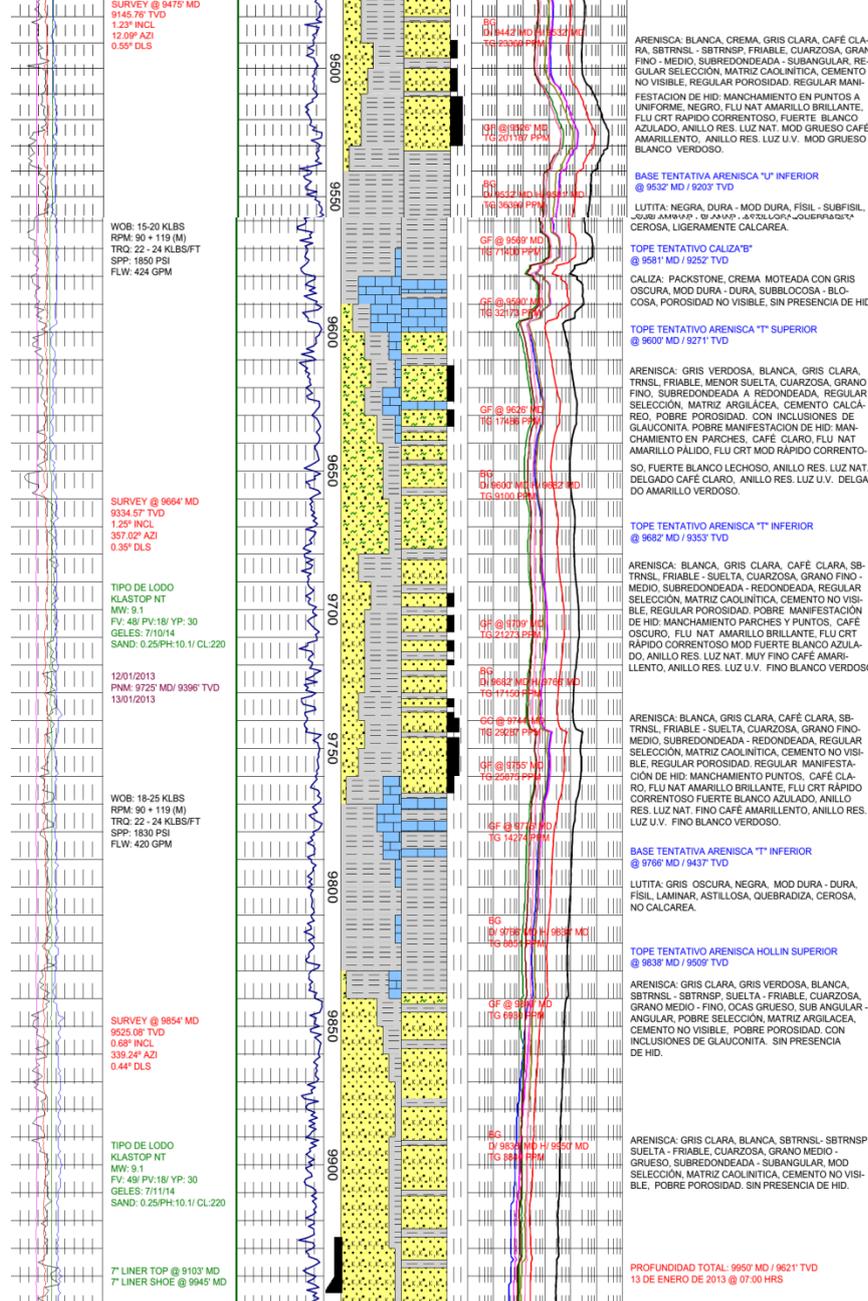
CALIZA: PACKSTONE, NEGRA, GRIS OSCURA MOTE-
ADA CON CREMA, GRIS OSCURA, GRIS CLARA, MOD
DURA, IRREGULAR, POROSIDAD NO VISIBLE, SIN PRE-
SENCIA DE HID.

TOPE TENTATIVO ARENSICA "U" SUPERIOR
@ 9355' MD / 9026' TVD

ARENSICA: BLANCA, GRIS, GRIS VERDOSA, GRIS CLA-
RA, TRNSL, FRIABLE, CUARZOSA, GRANO FINO, SUB-
REDONDEADA, BUENA SELECCIÓN, MATRIZ ARGILA-
CIZA, EPI CEMENTO CALCAREO, POBRE POROSIDAD,
CON INCLUSIONES DE GLAUCONITA, REGULAR MANI-
FESTACIÓN DE HID, MANCHAMIENTO EN PARCHES,
CAFÉ OSCURO, FLU NAT AMARILLO VERDOSO PALIDO,
FLU CRT RÁPIDO NUBOSO, FUERTE BLANCO AZULA-
DO, ANILLO RES. LUZ NAT, DELGADO CAFÉ AMARI-
LLENTO, ANILLO RES. LUZ U.V. DELGADO BLANCO
VERDOSO.

TOPE TENTATIVO ARENSICA "U" INFERIOR
@ 9442' MD / 9113' TVD

ARENSICA: BLANCA, GRIS CLARA, CAFÉ CLARA, SB-
TRNSL, FRIABLE A SUELTA, CUARZOSA, GRANO FINO,
OCAS GRANO MEDIO, SUBREDONDEADA, REGULAR
SELECCIÓN, MATRIZ CALCÁRICA, CEMENTO NO VISI-
BLE, REGULAR POROSIDAD POBRE MANIFESTACIÓN
DE HID, MANCHAMIENTO EN PARCHES, CAFÉ CLARO,
FLU NAT AMARILLO PALIDO, FLU CRT LENTO CORRIN-
TOSO, DÉBIL BLANCO AZULADO, ANILLO RES. LUZ NAT,
FINO CAFÉ AMARILLENTO, ANILLO RES. LUZ U.V.
DELGADO BLANCO VERDOSO.



Para la evaluación de las formaciones se tomó como referencia, (estudio de las brocas) el registro del pozo Centro-Oriente Sacha -X14. Al momento de atravesar las formaciones donde se evalúa el tipo de litología en cada una de las profundidades donde atraviesa la broca.

Anexo H
(Brocas Utilizadas en la Perforación de los Campos Sacha y Shushufindi)

Xplorer Expanded

26" XR+C Milled Tooth

(660.4 MM) ID:00358871
IADC:115



Xplorer Expanded bits are specifically designed to drill soft formations with exceptional ROP and reliability. With the proven Gemini Twin Seal system and the ultra durable MIC2 hardmetal, these bits deliver maximum ROP and long run times in a wide range of applications.

Specifications

Bearing Type	Precision Sealed Roller Bearing
Seal Type	V-Ramp O-Ring Seals
Bit Connection Type	7-5/8" API Reg.
Rows	Total: 9 Inner: 6 Gage: 3
Inserts/Teeth	Total: 102 Inner: 54 Gage: 48

Operating Parameters

Weight on Bit	5,000 To 70,000 (lbs) 2,272 To 31,815 (daN) 2 To 32 (Tonnes)
Rotary Speed (RPM)	280 To 50

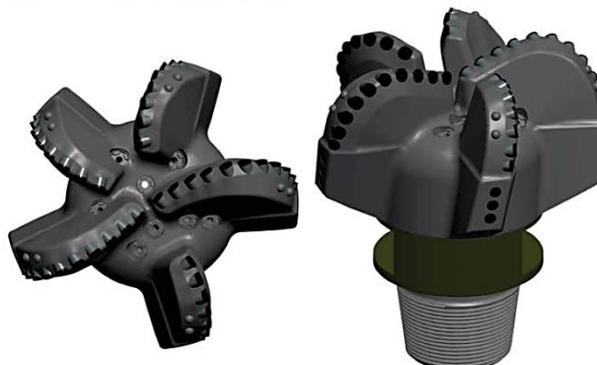
Operating parameters are typical ranges. Please contact your Smith Bits representative for recommendations for your individual well.

La materia prima solidos del metal, reduce el desgaste, ofrece mayor durabilidad y asegura así un calibre redondo del hoyo a ser perforado Perforara con un alto ROP para largos periodos de tiempos. La rigurosa tolerancia en superficie y el contorno controlado de los rodillos proporcionó un aumento significativo en la vida de los cojinetes de la broca. Estos resultados extienden su vida útil, y permiten a la broca permanecer en la longitud del hueco con una mayor cantidad de pies perforados.

Directional

16 in SDi519MHPX PDC

(406.4 mm) ID:64605A0102



Smith Bits Directional bits consistently deliver superior performance in directional applications with both push-the-bit and point-the-bit rotary steerable systems.

Specifications

Total Cutters	44
Cutter Size	16mm (5/8 in), 19mm (3/4 in)
Face Cutters	(39) 19mm
Gauge Cutters	(5) 16mm
Blade Count	5
Nozzles	8 Standard Series 60N
Bit Connection	7 5/8 Reg
Junk Slot Area (sq in)	97.542
Gauge	Length: 3" Protection: Options Available
Length	Make-Up: 13 3/16 in Overall: 18 3/8 in
Fishing Neck	Diameter: 9 1/4 in Length: 3 5/8 in

Operating Parameters

Rotary Speed	Suitable for Rotary & PDM
Weight-on-Bit	4,000 To 45,000 (lbf) 1,818 To 20,452 (daN) 2 To 20 (Tonnes)
Flow Rate (GPM)	750 To 1000
Hydraulic Horsepower (HSI)	1 To 6
Recommended Make-up Torque	61,850 To 79,800 ft/lbs

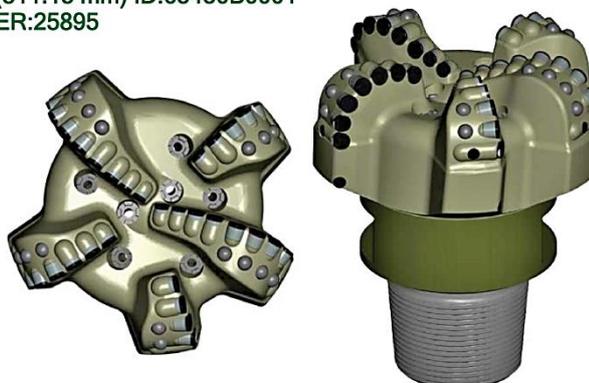
Operating parameters are typical ranges. Please contact your Smith Bits representative for recommendations for your individual well.

Las características PX extiende la vida de la broca PDC para perforar sus áreas del calibre con un conjunto de insertos de diamantes mejorados dentro de carburo de tungsteno altamente resistentes al desgaste. El mayor recuento en las toberas mejora la limpieza, enfriamiento y corte de evacuación de la broca, y permite una mayor tasa de flujo con un minuto de incremento en la presión de la bomba esto aumenta la tasa de penetración con una máxima limpieza en el fondo del pozo.

Directional

12 1/4 in MDi519LMHSBPX PDC

(311.15 mm) ID:65450B0001
ER:25895



Smith Bits Directional bits consistently deliver superior performance in directional applications with both push-the-bit and point-the-bit rotary steerable systems.

Specifications

Total Cutters	41
Cutter Size	16mm (5/8 in), 19mm (3/4 in)
Face Cutters	(22) 19mm
Gauge/Backream Cutters	(5) 19mm / (5) 13mm
Cone Cutters	(4) 16mm, (5) 19mm
Blade Count	5
Nozzles	7 Standard Series 60N
Bit Connection	6 5/8 Reg
Junk Slot Area (sq in)	45.8
Gauge	Length: 2" Protection: Options Available
Length	Make-Up: 9 3/4 in Overall: 14 11/16 in
Fishing Neck	Diameter: 8" Length: 3 1/2 in

Operating Parameters

Rotary Speed	Rotary, Steerable PDM and Rotary Steerable
Weight-on-Bit	6,000 To 40,000 (lbf) 2,727 To 18,180 (daN) 3 To 18 (Tonnes)
Flow Rate (GPM)	375 To 850
Hydraulic Horsepower (HSI)	1 To 6
Recommended Make-up Torque	47,300 To 47,800 ft/lbs

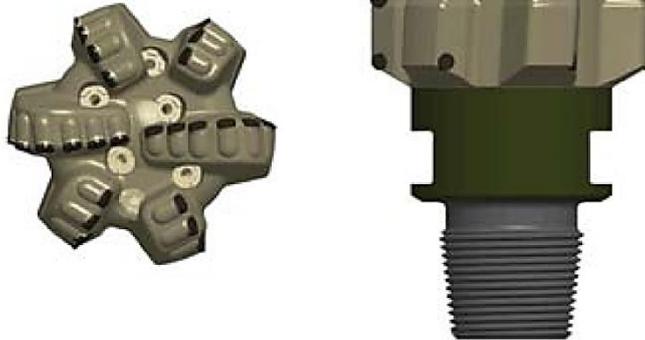
Operating parameters are typical ranges. Please contact your Smith Bits representative for recommendations for your individual well.

Las PX cuentan con lugares térmicamente estables insertadas de diamantes en el calibre para un máximo calibre de retención extendiendo la vida de la broca. El diseño de la broca está disponible con cortadores ONYX para mejorar la estabilidad térmica, en las formaciones difíciles y abrasivas, resultando con mayor resistencia al desgaste quedando con cortadores más puntiagudos, y rápida tasa de penetración.

Directional

8 1/2 in MDi616LBPX PDC

(215.9 mm) ID:64475C0401



Smith Bits Directional bits consistently deliver superior performance in directional applications with both push-the-bit and point-the-bit rotary steerable systems.

Specifications

Total Cutters	37
Cutter Size	16mm (5/8 in), 13mm (1/2 in)
Face Cutters	(19) 16mm
Gauge Cutters	(6) 16mm
Cone / Backreaming Cutters	(6) 16mm / (6) 13mm
Blade Count	6
Nozzles	6 Standard Series 60N
Bit Connection	4 1/2 Reg
Junk Slot Area (sq in)	12.535
Gauge	Length: 2" Protection: Options Available
Length	Make-Up: 8 3/4 in Overall: 12 15/16 in
Fishing Neck	Diameter: 6" Length: 3 7/16 in

Operating Parameters

Rotary Speed	Rotary Steerable BHA & Down Hole Motors
Weight-on-Bit	4,000 To 26,000 (lbf) 1,818 To 11,817 (daN) 2 To 12 (Tonnes)
Flow Rate (GPM)	300 To 800
Hydraulic Horsepower (HSI)	1 To 6

Operating parameters are typical ranges. Please contact your Smith Bits representative for recommendations for your individual well.

El límite de par de cuchillas se levanta de manera que la profundidad máxima de corte está limitada por el acoplamiento de las partes superiores en la formación. Esto limita el par de torsión que la broca puede producir que es muy útil para aplicaciones direccionales que utilizan un motor orientable.

Anexo I

(Información de Brocas Smith Bits Caso de Estudio)

CASO DE ESTUDIO

SMITH BITS

A Schlumberger Company

La selección de barrenas optimizadas en el campo Wapiti permite un ahorro de 120 horas y USD 360 000

Una barrena de PDC de 8³/₄ pulgadas con cortadores ONYX elimina una carrera extra en Canadá Occidental

DESAFÍO

Perforar un intervalo vertical de 8³/₄ pulgadas y 2 196 m de longitud, interestratificado con capas de formaciones con resistencias a la compresión altas y bajas, en sólo dos carreras de la barrena.

SOLUCIÓN

Correr dos barrenas de 8³/₄ pulgadas diferentes: una barrena de carburo de tungsteno FH TCI* (modelo FHi18 447X) y una barrena de PDC estabilizada con radio de curvatura alternado ARCS* con cortadores de PDC de calidad superior ONYX* (modelo MASi513).

RESULTADOS

Todo el intervalo fue perforado en tan sólo dos carreras, con un ahorro de 120 horas de equipo de perforación y de un monto de USD 360 000.



El desempeño de perforación reduce los costos operativos

Durante la perforación de un pozo del campo Wapiti situado en Alberta, Canadá, un operador experimentó un desempeño poco satisfactorio de la barrena. El pozo tenía un perfil horizontal y fue perforado en la formación Nikanassin inferior, que se compone de areniscas y lutitas grises con lutitas carbonáceas y pequeñas fajas carbonáceas. Además, la sección perforada por el operador era una sección interestratificada y consistía de numerosas capas litológicas con resistencias a la compresión altas y bajas. Para un segundo pozo de esta misma área, el operador programó perforar un intervalo de 8³/₄ pulgadas desde la zapata de la tubería de revestimiento de superficie hasta el punto de comienzo de la desviación (KOP), con una profundidad planificada de 2 196 m. La terminación de esta nueva sección implicó perforar a través de conglomerados y areniscas de grano grueso, que se componen de ftanita y cuarcita cementada con sílice.

Para evitar las erogaciones que implican las numerosas carreras de las barrenas —experimentadas en las operaciones más recientes— el operador procuró reducir los costos mediante la utilización de la información recolectada en los pozos previos para optimizar las carreras de las barrenas en el campo Wapiti. El operador trabajó con el grupo de servicios de ingeniería de avanzada (ASE) y la brigada de perforación para indagar sobre las oportunidades que permitirían mejorar la operación de perforación. Su investigación incluyó el análisis del sistema de registros de perforación DRS* para recabar información de los pozos vecinos del campo Wapiti.

Optimización de la selección de las barrenas y de los parámetros de perforación

Después del análisis, mediante la utilización de la plataforma integrada de diseño de barrenas IDEAS*, el grupo de servicios de ingeniería de avanzada (ASE) de Smith Bits recomendó que el operador utilizara dos barrenas de 8³/₄ pulgadas diferentes: una barrena de carburo de tungsteno FH TCI (modelo FHi18 447X) para perforar la porción superior de la sección vertical y una barrena de PDC estabilizada de radio de curvatura alternado (ARCS) con cortadores de PDC de calidad superior ONYX* (modelo MASi513) para perforar la porción inferior de la sección. Además de la selección de las barrenas, el grupo de ingeniería creó un mapa de ruta de los parámetros de perforación. Para ello utilizó el sistema de optimización de barrenas de perforación DBOS*. Dado que la sección de interés se encontraba extremadamente interestratificada con numerosas capas



La barrena de PDC MASi513 con cortadores ONYX de calidad superior perforó el intervalo inferior en una sola carrera.