



**UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA
CARRERA DE PETRÓLEOS**

TEMA:

**“ANÁLISIS DEL DISEÑO DE UN PROGRAMA DE BROCAS PARA
PERFORAR LAS DIFERENTES SECCIONES DE UN POZO DEL
CAMPO SACHA DEL ORIENTE ECUATORIANO”**

TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

AUTORES:

**EDILMA ALEXANDRA TOMALÁ PIGUAVE
KAREN GEANELLA MUÑOZ SUÁREZ**

TUTOR:

ING. CARLOS ALBERTO PORTILLA LAZO, MSc.

LA LIBERTAD, ECUADOR

2025

UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA

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

TEMA:

**“ANÁLISIS DEL DISEÑO DE UN PROGRAMA DE BROCAS PARA
PERFORAR LAS DIFERENTES SECCIONES DE UN POZO DEL
CAMPO SACHA DEL ORIENTE ECUATORIANO”**

TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

AUTORES:

EDILMA ALEXANDRA TOMALÁ PIGUAVE

KAREN GEANELLA MUÑOZ SUÁREZ

TUTOR:

ING. CARLOS ALBERTO PORTILLA LAZO, MSc.

LA LIBERTAD – ECUADOR

2025

TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

ING. MARLLELIS GUTIÉRREZ, PHD
DIRECTOR DE CARRERA

ING. CARLOS PORTILLA LAZO
DOCENTE TUTOR

ING. XAVIER VARGAS G. MSC
DOCENTE ESPECIALISTA

ING. CARLOS MALAVE, MSC
DOCENTE UIC

ING. DAVID VEGA
SECRETARIO DEL TRIBUNAL

DEDICATORIA

Este trabajo va dedicado a Dios, con sus bendiciones, su amor me ha brindado la sabiduría, la gran oportunidad de llegar hasta aquí, culminar esta etapa tan importante en mi vida.

A mis padres Shirley Suárez y Ebert Muñoz, quienes son mi fortaleza, esa paciencia, seguridad y comprensión que me han brindado a pesar de mi edad, son mi refugio con su amor incondicional.

A ellos mis amados hijos, José Miguel, José Enrique, Isis, son esa fuerza que me llena en mis momentos más difíciles, mis más grandes inspiraciones, esa energía que contagian mi vida, este sacrificio y esfuerzo se lo dedico a ellos porque se lo merecen.

A mi docente tutor, Ing. Carlos Portilla una persona que ha sido ese aliento, con sus palabras de motivación crearon ese impulso de no desmayar, me brindó una nueva esperanza, lograr uno de mis objetivos, demostrándome a mí misma que con esfuerzo y dedicación podemos cumplir nuestros sueños.

KAREN MUÑOZ SUÁREZ

DEDICATORIA

En este momento de culminación académica, quiero expresar mi infinito agradecimiento a mi Padre Celestial. Él ha sido mi roca en tiempo de incertidumbre, mi refugio en momentos de debilidad y mi fuente de inspiración en cada página escrita , le entrego mi trabajo, sabiendo que, sin su gracia, nada de esto hubiera sido posible.

A mis padres por confiar en mis decisiones, pero sobre todo por su apoyo incondicional durante toda mi carrera y mi vida. Su dedicación y esfuerzo constante para asegurarme una educación son un regalo que valoro más allá de las palabras.

También se la dedico a mi hijo quien ha sido mi mayor motivación para nunca rendirme en los estudios y poder llegar a ser un ejemplo para él.

EDILMA TOMALÁ FIGUAVE

CERTIFICADO DE ANTIPLAGIO

En calidad de tutor del trabajo de investigación para titulación del tema “ANÁLISIS DEL DISEÑO DE UN PROGRAMA DE BROCAS PARA PERFORAR LAS DIFERENTES SECCIONES DE UN POZO DEL CAMPO SACHA DEL ORIENTE ECUATORIANO” elaborado por las estudiantes **TOMALÁ PIGUAVE EDILMA ALEXANDRA** y **MUÑOZ SUÁREZ KAREN GEANELLA**, egresadas de la carrera de Petróleos, de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería, me permito declarar que una vez analizado en el sistema antiplagio **COMPILATIO**, luego de haber cumplido con los requerimientos exigidos de valoración, la presente tesis, se encuentra con un 9% de la valoración permitida.

The screenshot shows the COMPILATIO antiplagiarism report interface. At the top left, there is a logo and the text 'INFORME DE ANÁLISIS' and 'registro'. The main title of the report is 'TESIS FINAL TOMALA Y MUÑOZ'. On the right side, there are three circular progress indicators: a green one for '9% Textos sospechosos', a white one for '3% Similitudes' (with sub-points: '< 1% similitudes entre comillas', '0% entre las fuentes mencionadas'), and a white one for '6% Idiomas no reconocidos'. Below these, it says '32% Textos potencialmente generados por IA (ignorado)'. At the bottom, there is a table with document details:

Nombre del documento: TESIS FINAL TOMALA Y MUÑOZ.docx	Depositante: CARLOS ALBERTO PORTILLA LAZO	Número de palabras: 12.454
ID del documento: 69a74c7f379c75cc4aa1f40c8951c40f1bc734	Fecha de depósito: 25/6/2025	Número de caracteres: 77.379
Tamaño del documento original: 143,11 kB	Tipo de carga: Interface	
	fecha de fin de análisis: 25/6/2025	

FIRMA DEL TUTOR



Firmado electrónicamente por:

**CARLOS ALBERTO
PORTILLA LAZO**

Validar únicamente con FirmaRC

Ing. Carlos Portilla

C.I.: 0913412367

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Yo, Edilma Alexandra Tomalá Piguave, declaro bajo juramento que el presente trabajo de titulación denominado **“Análisis del diseño de un programa de brocas para perforar las diferentes secciones de un pozo del campo Sacha del Oriente Ecuatoriano”**, no tiene antecedentes de haber sido elaborado en la Facultad de Ciencias de la Ingeniería, Carrera de Ingeniería en Petróleos, lo cual es un trabajo exclusivamente inédito y perteneciente de mi autoría.

Por medio de la presente declaración cedo los derechos de autoría y propiedad intelectual, correspondientes a este trabajo, a la Universidad Estatal Península de Santa Elena, según lo establecido por la ley de propiedad intelectual, por su reglamento y por la normativa institucional vigente.

Atentamente,



EDILMA TOMALÁ PIGUAVE

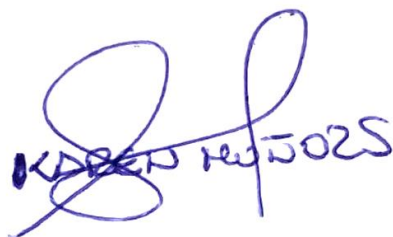
CI. 0922586342

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Yo, Karen Geanella Muñoz Suarez, declaro bajo juramento que el presente trabajo de titulación denominado **“Análisis del diseño de un programa de brocas para perforar las diferentes secciones de un pozo del campo Sacha del Oriente Ecuatoriano”**, no tiene antecedentes de haber sido elaborado en la Facultad de Ciencias de la Ingeniería, Carrera de Ingeniería en Petróleos, lo cual es un trabajo exclusivamente inédito y perteneciente de mi autoría.

Por medio de la presente declaración cedo los derechos de autoría y propiedad intelectual, correspondientes a este trabajo, a la Universidad Estatal Península de Santa Elena, según lo establecido por la ley de propiedad intelectual, por su reglamento y por la normativa institucional vigente.

Atentamente,



KAREN MUÑOZ SUÁREZ

CI. 0924685555

CERTIFICACIÓN DEL TUTOR

Ing. Carlos Portilla Lazo, MSc.

TUTOR DE PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

Universidad Estatal Península de Santa Elena

En mi calidad de Tutor del presente trabajo "**Análisis del diseño de un programa de brocas para perforar las diferentes secciones de un pozo del campo Sacha del Oriente Ecuatoriano**", previo a la obtención del Título de Ingeniero de la Srta. Edilma Tomalá Piguave y la Srta. Karen Muñoz Suarez-, egresados de la carrera de Ingeniería en Petróleos, Facultad Ciencias de la Ingeniería de la Universidad Estatal Península de Santa Elena, me permito declarar que luego de haber orientado, estudiado y revisado, lo apruebo en todas sus partes.

FIRMA DEL TUTOR



Ing. Carlos Portilla Lazo

C.I.: 0913412367

CERTIFICADO DEL GRAMATÓLOGO

CERTIFICADO DE GRAMATOLOGÍA

La Libertad, 15 de junio de 2025

CERTIFICADO DE GRAMATOLOGÍA

Yo, Elsa Esmeralda Del Pezo Reyes, Master de escritura creativa en español, con cédula de ciudadanía 0910001007, certifico haber revisado el trabajo de integración curricular titulado "Análisis del diseño de un programa de brocas para perforar las diferentes secciones de un pozo del campo Sacha del oriente ecuatoriano", elaborado por Edilma Alexandra Tomalá Piguave y Karen Geanella Muñoz Suárez, como requisito para optar al título de **Ingeniero en Petróleo** en la facultad de **Ciencias de la Ingeniería de la Universidad Estatal Península de Santa Elena**.

En el contexto general el mencionado trabajo satisface los requisitos de redacción, estilo y ortografía para el uso del idioma español

La presente certificación se otorga para los fines académicos pertinentes, en la ciudad de La Libertad, a los quince días del mes de junio de dos mil veinticinco.

Atentamente


Elsa Esmeralda Del Pezo Reyes
"MAGISTER DE ESCRITURA CREATIVA EN ESPAÑOL"
Número de cédula: 0910001007
Número de celular: 0963908010
Número de registro de SENESCYT: 7241181623

AGRADECIMIENTOS

Doy las gracias a mi universidad y sus docentes por brindarme la oportunidad de formarme. Agradezco a todas las personas que contribuyeron a este proceso, directa o indirectamente, ya que su esfuerzo hizo posible la culminación de mi etapa universitaria. Extiendo un agradecimiento especial a mis padres, quienes fueron mi mayor apoyo e impulso, a mis amigos por incentivarne y apoyarme, y especialmente a Dios, mi principal sustento y motivación para no rendirme nunca.

EDILMA ALEXANDRA TOMALÁ PIGUAVE

En primer lugar, agradecemos a Dios, por la fortaleza y salud que nos ha brindado para culminar con éxito esta etapa tan importante de nuestra formación académica. Sin su guía y bendiciones, este logro no habría sido posible. Agradecer a nuestro docente Ing. Carlos Malavé por su valioso tiempo dedicado a la realización de este trabajo de titulación, su guía y sus enseñanzas. Expresamos nuestro más sincero agradecimiento a nuestro tutor Ing. Carlos Portilla por su apoyo en la dirección del presente trabajo y su dedicación en la docencia. Nuestro especial agradecimiento a nuestros familiares por estar presente en cada paso, por brindarnos ese apoyo tan valioso y sus deseos de vernos convertidas en unas personas de bien.

KAREN GEANELLA MUÑOZ SUÁREZ

ÍNDICE

CERTIFICADO DE ANTIPLAGIO	vi
DECLARACIÓN DE AUTORÍA.....	vii
DECLARACIÓN DE AUTORÍA.....	viii
CERTIFICACIÓN DEL TUTOR.....	ix
CERTIFICADO DEL GRAMATÓLOGO	x
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN	19
1.1. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	19
1.2. JUSTIFICACIÓN	19
1.3. ANTECEDENTES	19
1.4. OBETIVOS	22
1.4.1. Objetivo General.....	22
1.4.2. Objetivos Específicos.....	22
1.5. ALCANCE	22
1.6. VARIABLES.....	22
1.6.1. Variable Dependiente.....	22
1.6.2. Variable Independiente.....	22
CAPITULO II: MARCO TEÓRICO	23
2.1. DESCRIPCIÓN DEL CAMPO SACHA	23
2.1.1. Ubicación del Campo Sacha.....	23
2.1.2. Estratigrafía.....	24
2.1.3. Geología.....	25
2.2. BROCAS DE PERFORACIÓN	27
2.2.1. Tipos De Brocas.....	27
2.2.2. Importancia de las brocas de perforación.....	29
2.2.3. Ventajas y desventajas de las brocas de perforación.....	37
2.3. BROCAS USADAS EN POZOS DEL CAMPO SACHA	39
CAPITULO III: METODOLOGÍA.....	40
3.1. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	41
3.1.1. Tipo de investigación.....	41
3.1.2. Técnicas de recolección de datos.....	42

3.2.	BROCAS DE PERFORACIÓN	42
3.3.	TIPOS DE BROCAS DE PERFORACIÓN	43
3.3.1.	Brocas de Cono Rotatorio (Roller Cone Bits)	43
3.4.	BHA (BOTTON HOLE ASSEMBLY)	44
3.4.1.	Los componentes típicos de un BHA incluyen:	45
3.5.	PROGRAMA DE BROCAS DE PERFORACIÓN	46
3.5.1.	Información de un programa de brocas de perforación.	47
3.5.2.	Importancia de un programa de brocas de perforación:	48
CAPÍTULO IV: ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS		50
4.1.	DISEÑOS DE BHA POR SECCIONES	50
4.1.1.	BHA Sección 16"	50
4.1.2.	BHA Sección 12 ¼"	52
4.1.3.	BHA Sección 8 ½"	54
4.2.	DIAGRAMA MECANICO DEL POZO	55
4.3.	MOVIMIENTOS DEL EQUIPO POR SECCIONES DEL POZO	56
4.3.1.	Sección superficial 16"	56
4.3.2.	Sección intermedia 12 ¼"	58
4.3.3.	Sección intermedia 8 ½ "	60
4.3.4.	Sección producción 6 1/8"	62
4.4.	CURVA DE PROFUNDIDAD VS TIEMPO	65
CAPITULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		67
5.1.	CONCLUSIONES	67
5.2.	RECOMENDACIONES	68
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS		70
ANEXOS		73

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura. - 1. Ubicación del campo Sacha - (Torres, 2016.)	23
Figura. - 2. Estratigrafía de la cuenca oriente - (Baby et al., 2004).....	25
Figura. - 3. Tipos de brocas (Ramos, 2011).....	29
Figura. - 4. Broca tricónica - Fuente: (González, Jara , & Ramírez , 2010).....	31
Figura. - 5. Broca cojinete - Fuente: (González, Jara , & Ramírez , 2010)	32
Figura. - 6. Estructura de la broca tricónica - Fuente: (González, Jara , & Ramírez , 2010)	33
Figura. - 7. Broca PDC de diamantes policristalinos - Fuente: (Schlumberger).....	34
Figura. - 8. Broca PDC. Fuente: (Schlumberger)	35
Figura. - 9. Brocas especiales- Fuente: (Schlumberger)	36
Figura. - 10. BHA Sección 16'' - Fuente Petroecuador.....	50
Figura. - 11. Brocas utilizadas en la sección 16'' - Fuente Petroecuador.....	51
Figura. - 12. BHA Sección 12 1/4'' - Fuente Petroecuador	52
Figura. - 13. Brocas utilizadas en la sección 12 1/4''	53
Figura. - 14. BHA de la sección 8 1/1'' - Fuente Petroecuador.....	54
Figura. - 15. Diagrama mecánico del pozo - Fuente Petroecuador	55
Figura. - 16. Curva de Profundidad vs Tiempo	65
Figura. - 17. Curva de densidad y sistemas de fluidos	73
Figura. - 18. Viaje de tubería - intervalo 26''	74
Figura. - 19. Viaje de tubería – intervalo 16''	74
Figura. - 20. Viaje de tubería - intervalo 12 1/4''	75
Figura. - 21. Viaje de tubería - intervalo 8 3/8''	75
Figura. - 22. Reportes diarios de píldoras de limpieza	77
Figura. - 23. Curva de viscosidad.....	78
Figura. - 24. Curva de viscosidad plástica.....	79
Figura. - 25. Puenteo Arenas	80

LISTA DE TABLAS

Tabla 1 Ventajas del uso de las brocas tricónicas	31
Tabla 2 Ventajas del uso de la broca cojinete	32
Tabla 3 Diámetros de usos recomendados.....	33
Tabla 4 Torque recomendado para las brocas	34

ANÁLISIS DEL DISEÑO DE UN PROGRAMA DE BROCAS PARA PERFORAR LAS DIFERENTES SECCIONES DE UN POZO DEL CAMPO SACHA DEL ORIENTE ECUATORIANO

AUTORES: Edilma Alexandra Tomalá Piguave

Karen Geanella Muñoz Suárez

TUTOR: ING. PORTILLA LAZO CARLOS, MSc.

RESUMEN

Este trabajo de investigación se centrará en el análisis de la información disponible sobre las operaciones de perforación a hoyo conductor que se realicen dentro de los campos, así como de los parámetros y variables tomados para la selección de los diámetros seleccionados para los pozos petroleros en ese campo, con el fin de mejorar las prácticas operacionales. Tiene como objetivo analizar el diseño de un programa de brocas para perforar las diferentes secciones de un pozo del campo Sacha del Oriente Ecuatoriano. Los resultados obtenidos en donde la broca en superficie no presentó desgaste en ninguna de sus áreas, se encuentran en óptimas condiciones, sellos o cojinetes, diámetro nominal en calibre, sin características secundaria de desgaste (NO), con una razón de salida por cambio de ensamblaje de fondo (BHA). La broca acumuló en la corrida 14000 revoluciones netas, 20200 revoluciones totales. Dentro de las recomendaciones es mantener siempre el control de parámetros al iniciar la perforación para mantener verticalidad y evitar fracturas en la zona somera y superficial. Realizar siempre un patrón al iniciar para garantizar el corte de la formación uniforme y evitar daños prematuros en la estructura principal y secundarios de la broca.

PALABRAS CLAVES: *(Diseño de brocas, programa de brocas)*

ANÁLISIS DEL DISEÑO DE UN PROGRAMA DE BROCAS PARA PERFORAR LAS DIFERENTES SECCIONES DE UN POZO DEL CAMPO SACHA DEL ORIENTE ECUATORIANO

AUTORES: Edilma Alexandra Tomalá Piguave

Karen Geanella Muñoz Suárez

TUTOR: ING. PORTILLA LAZO CARLOS, MSc.

ABSTRACT

This research work will focus on the analysis of available information on conductor hole drilling operations carried out within the fields, as well as the parameters and variables taken into account in the selection of the diameters selected for the oil wells in that field, in order to improve operational practices. Its objective is to analyze the design of a drill bit program to drill the different sections of a well in the Sacha field in eastern Ecuador. The results obtained where the drill bit on surface did not present wear in any of its areas, it is in optimal condition, seals or bearings, nominal diameter in caliber, without secondary wear characteristics (NO), with an exit rate per bottom hole assembly (BHA) change. The bit accumulated 14,000 net revolutions in the run, 20,200 total revolutions. Among the recommendations is to always maintain parameter control at the beginning of drilling to maintain verticality and avoid fractures in the shallow and surface zone. Always patrol the hole at the start to ensure uniform cutting of the formation and prevent premature damage to the primary and secondary structures from the bit. Perform additional checks on the boulder area to improve hole formation.

KEY WORDS: *(Bit design, bit program)*

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

1.1. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

El objetivo de esta investigación es promover la creación de un programa de brocas para la perforación de pozos, con la finalidad de incrementar la eficiencia durante el procedimiento, teniendo en cuenta las diversas dificultades operativas que pueden presentarse.

Este estudio se centrará en examinar los datos existentes acerca de las operaciones de perforación de hoyo conductor llevadas a cabo en los campos, además de los parámetros y variables empleados para seleccionar los diámetros de los pozos de petróleo en esa región, con el objetivo de perfeccionar las prácticas de operación.

1.2. JUSTIFICACIÓN

En esta investigación de naturaleza bibliográfica, se realizará un estudio sobre un programa de brocas de perforación en los pozos del campo Sacha, ubicado en la Cuenca Oriental de Ecuador, en la provincia de Orellana. Por esta razón, es esencial entender los conceptos fundamentales y teóricos vinculados a las operaciones de perforación, con el objetivo de obtener el conocimiento requerido que facilite su implementación en proyectos venideros.

1.3. ANTECEDENTES

Según la investigación de grado de Walter Haro Ruiz (2013), el propósito fundamental de las brocas en los procesos de perforación es vencer la resistencia de las formaciones rocosas, enfrentando sus fuerzas de corte y compresión. En este contexto, se pueden clasificar las brocas en dos categorías principales: aquellas que cuentan con dientes y las que son de tipo aro. Es esencial reconocer que la eficacia de una broca está profundamente

relacionada con el tipo de roca a perforar, especialmente en términos de su dureza, un aspecto crucial para la clasificación de estas herramientas.

César Briones, en su estudio de titulación realizado en 2015, define la broca de perforación como la herramienta fundamental situada en la parte inferior de la sarta de perforación. Su función principal consiste en triturar o cortar la roca mediante el contacto directo con ella. Además, el autor destaca la relevancia de las brocas de diamante, empleadas debido a que el diamante es el mineral más duro conocido en la Tierra. Esta característica ha sido utilizada por diversas industrias para el corte y pulido de alta precisión mucho antes de su incorporación en los procesos de perforación.

Durante su proceso de obtención del título, Abel Flores y Giancarlo Martínez llevaron a cabo una comparación del rendimiento de las herramientas de perforación, específicamente entre las barras y las brocas. Este análisis permitió evaluar la situación actual. Los resultados indican que en el modelo XC 1140 S se logró un avance lineal de 90 metros, acumulando un total de 3,780 metros de perforación. En cuanto a las brocas cónicas, se registró una disminución de 148 metros perforados por cada una, lo que se encuentra por debajo de las expectativas de rendimiento, principalmente a causa de prácticas operativas inadecuadas durante el proceso de perforación. Por su parte, las barras cónicas evidenciaron una pérdida aún más significativa, con un promedio de 427.5 metros perforados por broca, también por debajo del rendimiento óptimo esperado.

En un estudio realizado en 2012 sobre el rendimiento de las brocas de perforación en la región de Shushufindi, Ramiro Javier analizó métodos para optimizar los tiempos de perforación utilizando la base de datos Phoenix de Halliburton. A través de la evaluación de la eficacia de cada broca, medida por la tasa de penetración (ROP), destacó la relevancia de revisar los parámetros empleados en la perforación de cada pozo. Este análisis permite identificar, entre otros aspectos, las soluciones en las que se implementaron parámetros regulados, aunque no necesariamente los más adecuados, lo que podría haber afectado negativamente la ROP. Además, se puede determinar el rango óptimo de peso sobre la broca (WOB) y las revoluciones por minuto (RPM) necesarias para alcanzar una perforación eficiente (López, 2012)

En 2022, Elvis Mendoza realizó un estudio sobre la eficacia de brocas PDC innovadoras en la perforación de pozos en el campo X, centrándose en la sección de 12 1/4". Los resultados de esta investigación revelaron que las brocas PDC MME56D, MMD56M, GTE55WRKO y GT55DCK son aptas para perforar las formaciones geológicas de la Cuenca Oriental, de acuerdo con las clasificaciones IADC obtenidas. No obstante, se detectó que algunas de estas herramientas presentaron niveles significativos de desgaste, lo que indica que podrían no resistir adecuadamente la dureza y abrasividad del material, o que los parámetros operativos aplicados no fueron los más adecuados. La investigación destaca que la broca GTE55WRKO mostró un rendimiento superior en comparación con los otros modelos estudiados, y este modelo está equipado con afilados de 16 mm. (Mendoza, 2022)

En 2016, Galo Vaca diseñó un sistema para la selección de brocas destinado a la perforación del pozo direccional X, situado en la región oriental de Ecuador. Al analizar diversos parámetros operativos y las características geológicas del yacimiento, así como al comparar estos datos con los de pozos cercanos que presentan condiciones similares y al determinar la hidráulica óptima, se creó una tabla que muestra el programa recomendado. Cada tipo de broca está descrita en detalle, incluyendo el código IADC, las propiedades hidráulicas y la profundidad de operación para cada una (Vaca Moreira, 2016).

En 2015, Briones C. y León R. realizaron un estudio que abordó la eficacia de las brocas utilizadas en las actividades de perforación dentro de la formación Tiyuyacu, específicamente enfocándose en los pozos del campo Sacha. Para establecer el plan de brocas correspondiente a la sección de 12 1/4", se examinó un total de 28 pozos, cuyos tramos inician a profundidades cercanas a los 4,000 pies en el Terciario Indiferenciado y se extienden hasta aproximadamente 8,000 pies, después de atravesar el Conglomerado Inferior de Tiyuyacu (que se encuentra entre 20 y 100 pies dentro de la Formación Tena). Las propuestas de programación, fundamentadas en un análisis técnico-económico, están descritas en las tablas 4.1 a 4.4, donde se detallan los parámetros de perforación, las características específicas de cada broca y cualquier atributo adicional relevante. (Briones y León, 2015).

1.4. OBETIVOS

1.4.1. Objetivo General.

- Evaluar la estructura de un plan de brocas destinado a perforar las diversas secciones de un pozo en el campo Sacha, ubicado en la región oriental de Ecuador.

1.4.2. Objetivos Específicos.

- Elaborar los BHA correspondientes a cada sección del pozo.
- Crear el diagrama mecánico del pozo.
- Especificar los desplazamientos del equipo en las diversas secciones del pozo.
- Presentar la gráfica de profundidad en relación con el tiempo.

1.5. ALCANCE

El objetivo de este proyecto es desarrollar un programa de brocas destinado a la perforación de pozos en el campo Sacha, con el propósito de optimizar el proceso de perforación mediante la elección de la broca más adecuada para cada pozo específico.

1.6. VARIABLES

1.6.1. Variable Dependiente.

- Programa de brocas.

1.6.2. Variable Independiente.

- Tipos de brocas.

CAPITULO II: MARCO TEÓRICO

2.1. DESCRIPCIÓN DEL CAMPO SACHA

2.1.1. Ubicación del Campo Sacha.

El campo Sacha se sitúa en el cantón Joya de los Sachas, que forma parte de la provincia de Orellana, en la región norte de la Amazonía Ecuatoriana. Se encuentra aproximadamente a 50 kilómetros al sur de Lago Agrio. Las coordenadas geográficas del campo oscilan entre las latitudes $00^{\circ}11'00''$ S y $00^{\circ}24'30''$ S, y las longitudes $76^{\circ}49'40''$ O y $76^{\circ}54'16''$ O. Al norte, limita con las estructuras Palo Rojo, Eno, Ron y Vista; al sur, colinda con Culebra Yulebra; hacia el este se encuentran Mauro Dávalos Cordero, Shushufindi Aguarico, Limoncocha y Pacay; mientras que al oeste están Pucuna, Paraíso y Guachito (Quiñonez,2019.)

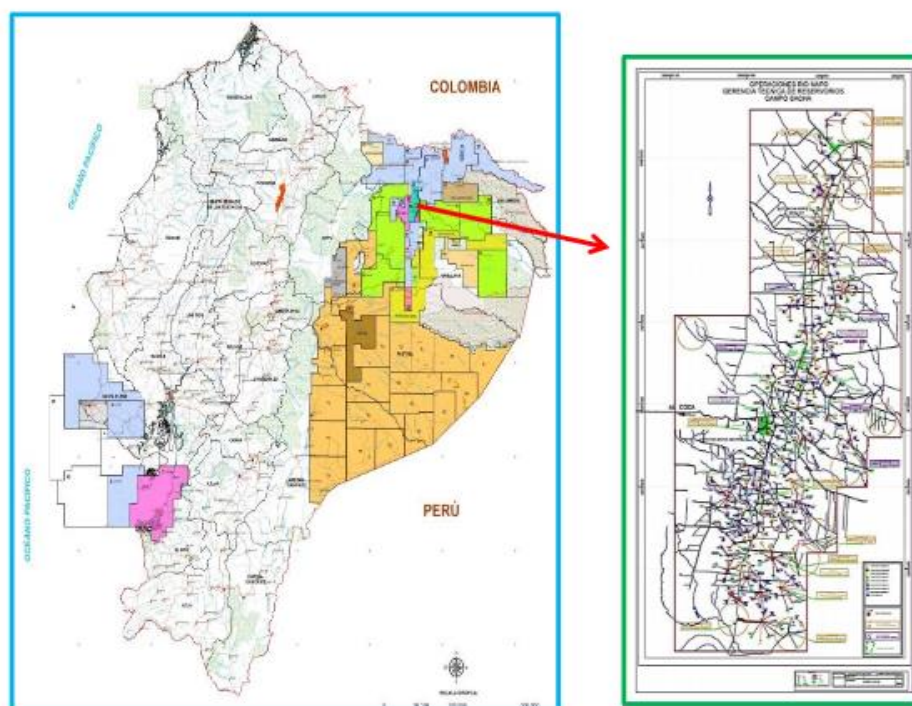


Figura. - 1. Ubicación del campo Sacha - (Torres, 2016.)

2.1.2. Estratigrafía.

- a) **Formación Hollín:** Este estrato geológico representa la fuente primaria de hidrocarburos en el campo Sacha. Se compone de estratos gruesos de areniscas conglomeradas. Una característica distintiva que permite diferenciar la sección superior de la arenisca Hollín de la inferior es la existencia de una delgada y continua capa de lutita que las separa. (Quiñonez,2019.)
- b) **Formación Napo.** Este sector también se distingue como un área de extracción de petróleo dentro del campo Sacha.
- c) **Arena U.** Este yacimiento arenoso representa uno de los reservorios más importantes en el campo Sacha. Se han realizado ensayos de presión y estudios técnicos con la finalidad de desarrollar un modelo actualizado que muestre la distribución de las presiones en el interior del depósito.
- d) **Arena T.** Asimismo, se ha utilizado en la implementación de técnicas de recuperación secundaria.(Quiñonez, 2019.)
- **Importancia del conocimiento estratigráfico**

El conocimiento detallado de la estratigrafía del campo Sacha es crucial para (Baby et al., 2004):

- **Identificar los reservorios productivos:** Facilita la identificación de las estructuras y estratos que poseen petróleo y gas. (Quiñonez, 2019.)
- **Optimizar la producción:** Asiste en la elaboración de tácticas de perforación y extracción más eficaces.
- **Aplicar técnicas de recuperación secundaria:** Permite implementar sistemas de recuperación secundaria, como la inundación de las arenas de Napo, para aumentar la producción. (Quiñonez, 2019.)
- **Entender el comportamiento del reservorio:** La evaluación de la estratigrafía contribuye a entender la disposición y el movimiento de los fluidos en el reservorio.

Conforme se observa la figura 2

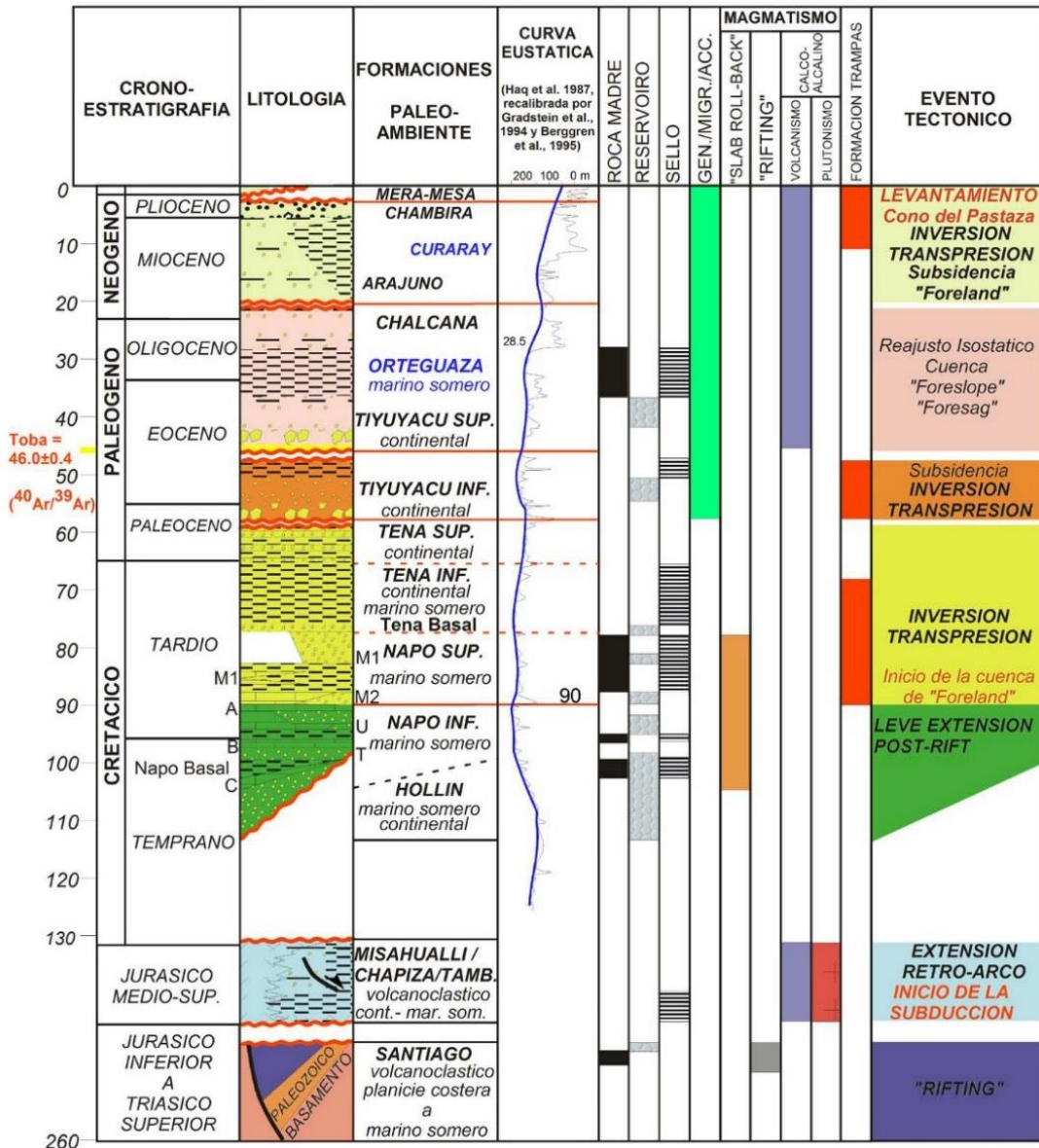


Figura. - 2. Estratigrafía de la cuenca oriente - (Baby et al., 2004)

2.1.3. Geología.

El yacimiento petrolero Sacha, situado en la provincia de Orellana en Ecuador, presenta una estructura anticlinal con una disposición de noreste a suroeste, siendo clave en la producción petrolera nacional. La exploración de este campo inició en 1969 con la perforación del pozo Sacha 1. Además, en su lado occidental, atraviesa una falla transpresional de tipo dextral (Quiñonez, 2019.)

a) Características geológicas.

- **Estructura:** El campo Sacha se caracteriza por una estructura anticlinal, resultado de la deformación de las rocas provocada por esfuerzos compresivos, lo que genera una configuración que se asemeja a una "A" invertida.
- **Falla:** Esta estructura anticlinal es interrumpida por una falla dextral transpresional, que se desplaza horizontalmente a lo largo del anticlinal. (Quiñonez, 2019.)
- **Reservorios:** Los reservorios más significativos en el campo Sacha son la arenisca cuarzosa del yacimiento Hollín Principal, la cual presenta una porosidad promedio del 18%.
- **Crudos:** Los crudos extraídos del campo Sacha tienen una gravedad API que varía entre 27 y 29°.
- **Técnicas de recuperación:** En el campo Sacha, se han implementado métodos de recuperación secundaria, tales como la inyección de agua, con el fin de aumentar la producción.

b) Impacto geológico.

- **Exploración y extracción de petróleo.** La investigación geológica es fundamental en la identificación y extracción de petróleo en el área de Sacha.
- **Recursos hídricos subterráneos.** La geología afecta de manera significativa la accesibilidad del agua subterránea, dado que los acuíferos están localizados en formaciones geológicas particulares (Quiñonez, 2019.).
- **Investigación del Planeta:** La exploración geológica de campo facilita una comprensión más profunda de la configuración y la historia geológica de un área, lo cual es fundamental para interpretar su evolución y la dinámica de la Tierra en esa región.

En resumen, el campo Sacha constituye un ejemplo relevante de cómo la geología se aplica en la búsqueda y extracción de petróleo, así como en la comprensión de la estructura y la historia geológica del área (Quiñonez, 2019.).

2.1.4. Importancia del conocimiento estratigráfico.

El entendimiento exhaustivo de la estratigrafía en el campo Sacha: (Rivadeneira y Baby, 1998)

- **Identificación de reservorios productivos:** Permite localizar las formaciones y estratos que albergan petróleo y gas.
- **Optimización de la producción:** Contribuye a desarrollar estrategias de perforación y extracción que sean más efectivas.
- **Implementación de técnicas de recuperación secundaria:** Facilita la utilización de métodos de recuperación secundaria, como la inyección de agua en las arenas de Napo, con el fin de aumentar la producción de petróleo.
- **Comprensión del comportamiento del reservorio:** El análisis de la estratigrafía es esencial para entender la distribución y el movimiento de los fluidos dentro del reservorio.

2.2.BROCAS DE PERFORACIÓN

Una broca es una herramienta diseñada para perforar la corteza terrestre, generalmente con una forma cilíndrica, destinada a la exploración y extracción de hidrocarburos como el petróleo y el gas natural. También se le denomina broca de roca o simplemente broca. Los agujeros que crea pueden tener diámetros que oscilan entre aproximadamente 3,5 pulgadas (8,9 cm) y 30 pulgadas (76 cm), mientras que las profundidades que se pueden alcanzar varían desde alrededor de 1.000 pies (300 m) hasta más de 30.000 pies (9.100 m). La broca destruye las formaciones subterráneas mediante acciones mecánicas que pueden incluir el raspado, la trituración o la fractura del material, generando fragmentos que son transportados de manera continua a la superficie gracias al flujo del fluido de perforación (Tang Guo, 2017).

2.2.1. Tipos De Brocas.

Entre los principales tipos de brocas que son utilizados en esta investigación, tenemos (Gualteros, 2016)

a) Brocas de corte.

- **Brocas triconos:** Se trata de las brocas más utilizadas en la perforación rotativa, las cuales poseen tres conos que giran para fracturar el material rocoso (Gualteros, 2016):
- **Brocas de rodillo:** Estas herramientas utilizan un rodillo para perforar la roca, lo que las convierte en una opción ideal para determinadas clases de cimentación.
- **Brocas de arrastre:** Estas brocas utilizan una superficie cortante para romper la roca, siendo más comunes en perforaciones direccionales (Gualteros, 2016):

b) Brocas de diamante.

- **Brocas de diamante natural:** Estas herramientas utilizan diamantes naturales para desgastar la roca, lo que les confiere una notable durabilidad y eficacia en el trabajo con grandes formaciones rocosas.
- **Brocas de diamante impregnado:** Emplean diamantes sintéticos integrados en una matriz para realizar cortes en la roca, lo que les otorga una mayor versatilidad y eficiencia en comparación con las brocas que utilizan diamantes naturales. (Gualteros, 2016):

c) Otras brocas.

- **Brocas de barrena de vástago hueco:** Se emplean para excavaciones en áreas con materiales sueltos o suaves.
- **Brocas impulsadas por aire:** Se emplean en pozos de gran profundidad o en circunstancias donde se necesita mayor exactitud. (Gualteros, 2016):

Consideraciones adicionales: (Gualteros, 2016)

- **Función:** Similarmente, las brocas pueden ser categorizadas en función de su propósito: brocas de perforación, brocas de perforación completa, escariadoras y brocas direccionales

- **Material:** La selección del material de la broca, ya sea carburo de tungsteno, PDC o diamante, dependerá del tipo de roca que se pretende perforar y de las condiciones particulares del pozo.
- **Diseño:** La disposición de la broca, incluyendo el número de conos y la forma de los dientes, influirá en su rendimiento y en la efectividad del proceso de perforación (Gualteros, 2016)



Figura. - 3. Tipos de brocas (Ramos, 2011)

2.2.2. Importancia de las brocas de perforación.

Las brocas de perforación constituyen herramientas fundamentales en diversas industrias, incluyendo la carpintería, la construcción, la minería y la exploración de petróleo. Su importancia radica en su capacidad para crear agujeros precisos y eficientes en una variedad de materiales. (Oscar Fabian, 2021).

Aquí se presenta algunos elementos claves sobre la importancia de las brocas (Gualteros, 2016):

- **Facilitan la conexión y el montaje:** Los orificios creados con brocas son esenciales para la inserción de tornillos, pernos, remaches y otros dispositivos de

sujeción que aseguran la unión de distintas partes en estructuras, mobiliario, maquinaria y más.

- **Permiten el tránsito de componentes:** Los orificios son cruciales para el paso de cables eléctricos, tuberías, conductos de ventilación y otros sistemas a través de muros, techos y diversas construcciones.(Gualteros, 2016)
- **Son esenciales en la obtención de recursos:** En los ámbitos de la minería y la exploración de petróleo, las brocas especializadas son indispensables para perforar la tierra y acceder a minerales, petróleo y gas.
- **Facilitan la demolición controlada:** En el sector de la construcción y demolición, las brocas se utilizan para crear puntos vulnerables en estructuras de concreto y otros materiales, lo que permite su desmantelamiento de manera segura y controlada (Gualteros, 2016)
- **Fundamentales en trabajos de acabado:** En el ámbito de la carpintería y otras disciplinas, las brocas son herramientas clave que facilitan la creación de orificios necesarios para la instalación de bisagras, cerraduras, tarugos y otros componentes, contribuyendo así tanto a la funcionalidad como a la estética del acabado de los proyectos.
- **Garantizan la precisión:** Seleccionar la broca adecuada para cada tipo de material y aplicación es crucial para asegurar que el diámetro y la profundidad del orificio sean exactos, lo cual es un aspecto esencial para mantener la calidad y la seguridad en el entorno laboral (Gualteros, 2016)
- **Incrementan la efectividad:** Las brocas especializadas están diseñadas para realizar cortes de manera eficiente en materiales específicos, lo que resulta en un ahorro significativo de tiempo y esfuerzo.
- **Facilitan el trabajo con múltiples materiales:** Hay una amplia gama de brocas elaboradas para perforar distintos tipos de materiales, como madera, metal, concreto, vidrio, cerámica y plástico, cada una con características particulares que mejoran su rendimiento y eficacia. (Gualteros, 2016)

2.2.3. Uso de las brocas de perforación.

a) *Brocas Tricónicas (Roller Cone Bits).*

b) **Brocas de corte:** Estas son las más utilizadas en la perforación rotativa, compuestas por tres conos que giran para fragmentar la roca.

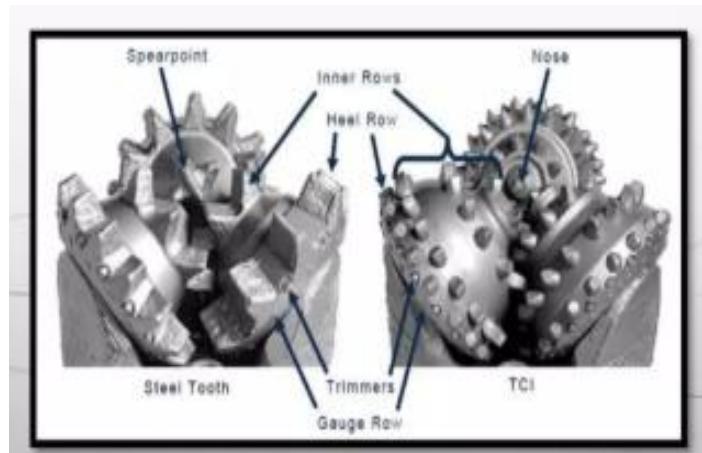


Figura. - 4. Broca tricónica - Fuente: (González, Jara , & Ramírez , 2010)

Tabla 1 Ventajas del uso de las brocas tricónicas

Tipo de broca	Ventajas	Se debe considerar
Diente de acero	Alta velocidad de perforación, económica, se la utiliza en formaciones blandas, medias, suaves.	de velocidad de desgaste de dientes, vida del cojinete.
Inserto de Carburo de tungsteno	Mayor resistencia, para formaciones blandas y muy duras	Velocidad de perforación más lenta.

- **Brocas de cojinetes:** Giran mediante conos, aptas para soportar cargas que ejerce el WOB.

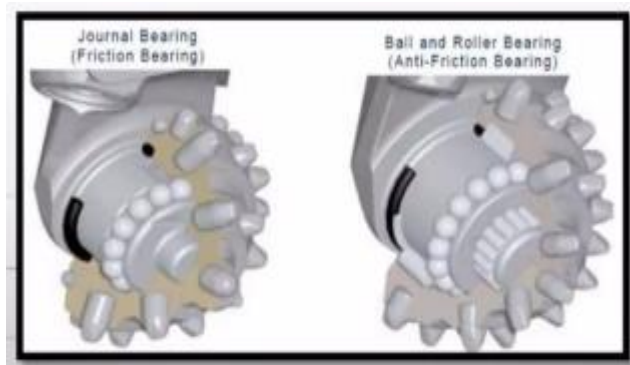


Figura. - 5. Broca cojinete - Fuente: (González, Jara , & Ramírez , 2010)

Tabla 2 Ventajas del uso de la broca cojinete

Tipo de broca	Ventajas
Rodillos	Alto RPM, sirve para diámetros mayores
Journal	Alto WOB, se utiliza para diámetros menores

Elaborado por: Karen Muñoz y Edilma Tomalá - **Fuente:** (Schlumberger)

El cuerpo de una broca Tricónica consiste en:

- El piñón actúa como un enlace roscado que conecta la broca con una doble caja que tiene el mismo diámetro que las lastrabarrenas.
- Tres conos están presentes.
- Un eje de muñón sirve como soporte para los conos.
- Las toberas permiten el flujo del fluido de perforación.
- Los cortadores se refieren a los dientes o insertos.
- El hombro de la barrena es otra parte esencial.

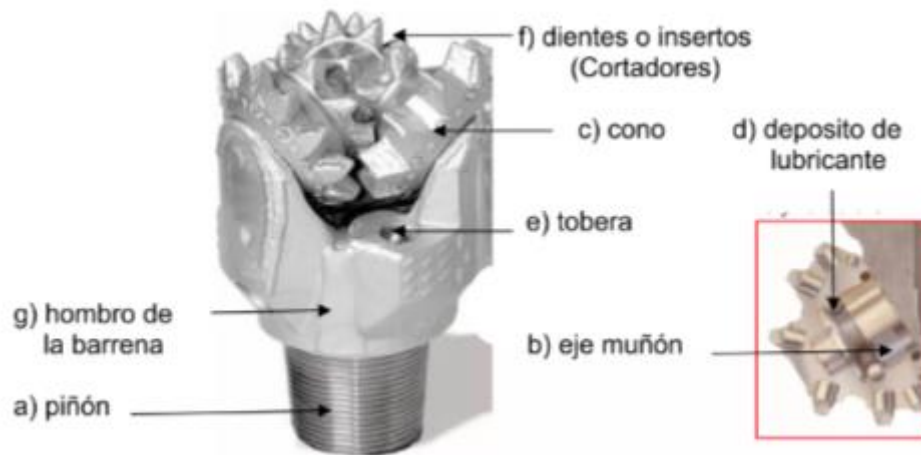


Figura. - 6. Estructura de la broca tricónica - Fuente: (González, Jara , & Ramírez , 2010)

Actualmente las brocas tricónicas son usadas para perforar las primeras etapas.

- Apriete recomendado para el piñón de las brocas
- Para la conversión del amperímetro a lb-pies

Tabla 3 Diámetros de usos recomendados

Diámetros de las brocas (pg)	Tamaño del piñón. API (pg)	MIN (pie/lb)	MAX (pie/lb) Torque recomendado	MIN (k/m) Torque recomendado	MAX (k/m) Torque recomendado
36"-20"	8 5/8"	40.000	60.000	5.530	8.300
18 1/2"-14 3/4"	7 5/8"	34.000	40.000	4.700	5.530
12 1/4"-8 1/2"	6 5/8"	28.000	32.000	3.870	4.420
8 1/2"-8 1/4"	4 1/2 "	12.000	16.000	1.660	2.210
6 1/2"-5 5/8"	3 1/2 "	7.000	9.000	970	1.245
4 1/8"- 4"	2 2/8 "	3.000	3.500	410	480

Elaborado por: Karen Muñoz y Edilma Tomalá - Fuente: (Ledezma, 2019)

Tabla 4 Torque recomendado para las brocas

Diámetro de la barrena	Piñón API	Torque (pies-lb)
3 ¾"	2 3/8"	3,000-3,500
4 5/8"-5"	2 7/8"	6,000-7,000
5 1/8"-7 3/8"	3 ½"	7,000-9,000
7 1/8"-9"	4 ½"	12,000-16,000
9 5/8"-9 7/8"	5 ½"	23,000-27,000
9 5/8"-26"	6 5/8"	28,000-32,000
14 ¾"-26"	7 5/8"	34,000-60,000
17 ½"-26"	8 5/8"	40,000-60,000

Elaborado por: Karen Muñoz y Edilma Tomalá - Fuente: (Ledezma, 2019)

- c) **Broca de compactos de diamante policristalino PDC (Polycrystalline Diamond Compact).** Su mecanismo de corte lo realiza por cizallamiento (penetra, corta y elimina por capa). (González, Jara , & Ramírez , 2010)
- Las herramientas de acero ofrecen una mayor flexibilidad y son más asequibles.
 - Por otro lado, las de carburo de tungsteno presentan una durabilidad superior y son altamente resistentes a la erosión y al desgaste.

Ventajas:

- Alta velocidad de perforación
- Potencial de larga duración

Es importante tener en cuenta el daño por impactos, la abrasividad y la estabilidad.



Figura. - 7. Broca PDC de diamantes policristalinos - Fuente: (Schlumberger)

- **El cuerpo de una broca PDC consiste en:** (González, Jara , & Ramírez , 2010)
 - Piñón que une la broca con una doble caja del mismo diámetro de las lastrarbarrenas.
 - Cortadores numerosos elementos de corte policristalino.
 - Aletas.
 - Las toberas a través de ellas el fluido de perforación fluye.
 - Hombro de la barrena.



Figura. - 8. Broca PDC. Fuente: (Schlumberger)

- d) Brocas especiales.** Se las utilizan para ampliar el diámetro del agujero, pueden ser de dos tipos: (González, Jara , & Ramírez , 2010)
- Amplifiers
 - Bicentric



Figura. - 9. Brocas especiales- Fuente: (Schlumberger)

e) *Consideraciones adicionales:* (González, Jara , & Ramírez , 2010)

- **Clasificación por Función:** Las brocas pueden categorizarse en diferentes tipos según su propósito, incluyendo brocas de perforación, brocas para orificios completos, escariadores y brocas direccionales.
- **Material:** La selección del material para la broca, ya sea carburo de tungsteno, PDC o diamante, debe basarse en la naturaleza de la roca a perforar y en las condiciones particulares del pozo.
- **Diseño:** Asimismo, el diseño de la broca, que incluye aspectos como el número de conos y la configuración de los dientes, tendrá un impacto significativo en su desempeño y en la eficacia del proceso de perforación.

2.2.4. Condiciones de operación de las brocas. (Ramírez, 2014)

- Las brocas concebidas para su uso en formaciones blandas requieren un peso o carga mínima que les permita realizar eficientemente las tareas de raspado y trituración. Su rendimiento se ve principalmente condicionado por la eficiencia hidráulica y las revoluciones por minuto (RPM).
- La geometría de corte de las brocas destinadas a formaciones de dureza media a blanda está diseñada para soportar cargas de penetración más elevadas y resistir

el desgaste por abrasión, ya que sus dientes están fabricados para ser más duraderos.

- Las brocas adecuadas para formaciones de dureza media a dura fragmentan el material mediante un proceso de trituración, lo que requiere que operen con cargas unitarias elevadas.
- Por otro lado, las brocas diseñadas para formaciones duras demandan el máximo nivel de energía para superar la alta resistencia compresiva de la roca.

2.2.5. Parámetros de operación.

Se presentan los siguientes parámetros fundamentales (Ramírez, 2014):

- **Peso sobre la broca (WOB):** A medida que la estructura de corte se desgasta, es necesario incrementar el peso aplicado para sostener el ROP (tasa de penetración).
- **Velocidad de Rotación:** La RPM total se compone de la RPM en la superficie y la RPM del motor en profundidad. En formaciones abrasivas, es crucial evitar altas velocidades para reducir el desgaste, mientras que en formaciones duras se debe mantener una RPM baja, asegurando que no se reduzca en exceso.
- **Taza de penetración (ROP):** Se refiere a la velocidad a la que se efectúa la perforación, indicando la cantidad de pies perforados durante un período de tiempo específico.

2.2.6. Ventajas y desventajas de las brocas de perforación.

a) Brocas tricónicas (Roller Cone Bits):

- **Descripción:** Estas herramientas de perforación poseen tres conos rotativos equipados con dientes de carburo de tungsteno o fresados en acero. Al girar, los conos ejercen presión sobre la roca, fragmentándola y descomponiéndola. (Gualteros, 2016)

Ventajas:

- Se trata de brocas multifuncionales que son aptas para diversas formaciones, abarcando desde las más suaves hasta las más duras y abrasivas.
- Tienen una resistencia considerable y son capaces de lidiar con ciertas irregularidades en la formación. (Gualteros, 2016)
- El costo inicial suele ser menor que el de las brocas PDC.

Desventajas:

- Generalmente, su tasa de penetración (ROP) es más baja en comparación con las brocas PDC cuando se utilizan en formaciones de dureza blanda a media.
- El desgaste de los componentes móviles, como los conos y los rodamientos, puede afectar negativamente su vida útil. (Gualteros, 2016)
- Pueden generar más vibraciones durante la perforación.

b) Brocas de corte fijo (Fixed Cutter Bits) o Brocas PDC (Polycrystalline Diamond Compact) (Holguin, 2021):

- **Descripción:** Las brocas de este tipo no requieren componentes móviles, dado que incorporan en su diseño cortadores de diamante policristalino. La acción de perforación se lleva a cabo mediante el efecto de cizallamiento producido por la rotación de la herramienta, gracias a estos cortadores.

VENTAJAS:

- Es posible lograr niveles de penetración significativamente más altos en formaciones que sean blandas a semi-duras (Holguin, 2021)
- Tienen una vida útil más prolongada en las aplicaciones para las que fueron creadas, dado que, al carecer de componentes móviles, experimentan un menor desgaste mecánico complicado (Holguin, 2021)
 - Generan menos vibraciones en condiciones óptimas.

DESVENTAJAS:

- Su vulnerabilidad aumenta en formaciones extremadamente duras, abrasivas o fracturadas, lo que puede resultar en un desgaste acelerado de los cortadores.
- Normalmente, el costo inicial supera el de las brocas tricónicas. (Holguin, 2021)
- En la práctica, no es común que se realicen reparaciones en los cortadores dañados.

- Tienen una mayor tendencia a experimentar problemas de "empaquetamiento" (bit balling) al perforar formaciones arcillosas adhesivas.

2.3.BROCAS USADAS EN POZOS DEL CAMPO SACHA

Teniendo en cuenta la diversidad geológica, es probable que en el Campo Sacha se utilicen ambos tipos principales de brocas para la extracción de petróleo, dependiendo de la formación a perforar y la fase del pozo (Cruz Pintado, 2006)

- **Brocas PDC (Polycrystalline Diamond Compact):** Estas brocas son frecuentemente utilizadas en áreas con litologías de dureza media a alta, como en las formaciones Napo y Hollín. Su diseño permite una mayor velocidad de penetración en estas rocas, lo que resulta en una reducción de los tiempos de perforación y una disminución de los costos operativos.
- **Brocas Tricónicas (Roller Cone Bits):** En formaciones rocosas que presentan una mayor dureza, abrasividad o fracturación, se prefiere el uso de brocas tricónicas. Estas herramientas, con una construcción más robusta, son más capaces de resistir condiciones adversas y son más económicas en capas que podrían desgastar rápidamente los cortadores PDC. Dentro de las brocas tricónicas, aquellas que utilizan insertos de carburo de tungsteno (TCI) son la opción preferida para estratos más duros y abrasivos, mientras que las que cuentan con dientes fresados en acero son adecuadas para formaciones más blandas.

Consideraciones adicionales (Cruz Pintado, 2006):

- **Programa de Brocas:** Compañías como Petroecuador desarrollaron un "programa de brocas" específico para cada pozo, el cual detalla la secuencia de herramientas que se utilizarán a medida que se profundiza y se atraviesan diversas formaciones geológicas. Este programa se basa en el conocimiento geológico del subsuelo de la zona del campo Sacha.
- **Eficiencia y Costos:** La selección de la broca considera aspectos como la eficacia de la perforación (tasa de penetración), la resistencia de la broca y el costo

por metro perforado, con el objetivo de optimizar las operaciones. (Cruz Pintado, 2006)

- **Investigaciones Técnicas:** De acuerdo con los estudios analizados, se han realizado investigaciones exhaustivas sobre el rendimiento de las brocas en formaciones particulares del Campo Sacha, como es el caso de la Formación Tiyuyacu. Estos estudios son fundamentales para optimizar la elección de brocas en futuras perforaciones. (Cruz Pintado, 2006)

CAPÍTULO III: METODOLOGÍA

3.1. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

La metodología empleada es de carácter bibliográfico, se llevará a cabo un estudio de las operaciones en el campo para entender los procesos utilizados en los pozos de investigación.

El progreso del proyecto se llevará a cabo en los pozos del Campo Sacha, en la Cuenca Oriental, empleando los datos recogidos en los informes diarios de perforación de cada uno. Estos datos técnicos se gestionarán de manera privada, conforme lo requiere la propia compañía.

3.1.1. Tipo de investigación.

Este estudio llevará a cabo un estudio de carácter bibliográfico centrado en datos sobre las brocas de perforación de pozos en el campo Sacha, situado al Noreste de la Cuenca Oriental del Ecuador.

La investigación bibliográfica implica un procedimiento sistemático y detallado de búsqueda, recolección, estructuración, análisis e interpretación de datos que se han publicado previamente en diversas fuentes documentales. Su objetivo principal es crear saber sobre un asunto particular a partir del material existente. En contraste con investigaciones que recolectan información primaria a través de encuestas, experimentos o entrevistas, este tipo de investigación se basa en el análisis de fuentes secundarias. (Salas Ocampo, 2008)

3.1.2. Técnicas de recolección de datos.

Procesamiento de la información, recopilación bibliográfica, análisis de variables, comparación mediante cuadros comparativos de los parámetros químicos, reológicos y litológicos del campo y del fluido de perforación.

3.2. BROCAS DE PERFORACIÓN

Una broca de perforación de petróleo es un componente crucial que se acopla al extremo inferior de la sarta de perforación, desempeñando la función de triturar, cortar o desgastar las estructuras rocosas y sedimentarias del subsuelo para crear el orificio del pozo.

Características principales (Barrera, 2017):

- a)* **Materiales de alta resistencia:** Estas brocas están fabricadas con materiales extremadamente duros, como acero de alta resistencia, carburo de tungsteno o diamantes, ya sean naturales o sintéticos (Diamantes Policristalinos Compactos, PDC). Esto les permite resistir las elevadas presiones, temperaturas y la abrasividad de las formaciones rocosas.
- b)* **Diversidad en el diseño:** Existen diferentes tipos de brocas diseñadas para adaptarse a varias clases de formaciones geológicas (suaves, moderadas, duras, abrasivas) y para alcanzar objetivos específicos de perforación (Barrera, 2017)
- c)* **Elementos de corte:** Estas brocas incluyen componentes de corte como dientes de acero, insertos de carburo de tungsteno o cortadores de diamante, que son los encargados de realizar la perforación.
- d)* **Circulación de fluidos:** Incorporan conductos y boquillas que facilitan el flujo del fluido de perforación (lodo). Este fluido es esencial para enfriar la broca, lubricar el proceso de perforación y transportar los fragmentos de roca (ripios) desde el fondo del pozo hasta la superficie. (Barrera, 2017)
- e)* **Conexión a la sarta de perforación:** Poseen una conexión roscada (pin) en la parte superior que se une a los tubos de la sarta de perforación, lo que permite transmitir la rotación y el peso necesarios para realizar la perforación.

3.3. TIPOS DE BROCAS DE PERFORACIÓN

3.3.1. Brocas de Cono Rotatorio (Roller Cone Bits).

Estas brocas, conocidas como "triconos" porque suelen tener tres conos giratorios, actúan triturando y fracturando la roca al girar en el fondo del pozo. Los conos están equipados con dientes fresados en acero o insertos de carburo de tungsteno (Oscar Fabian, 2021).

- a)* **Brocas de dientes de acero (Milled Tooth Bits):** Estas brocas presentan dientes que son tallados directamente en el cono de acero. Son más adecuadas para formaciones de dureza media a blanda. (Oscar Fabian, 2021).
- b)* **Brocas de insertos de carburo de tungsteno (Tungsten Carbide Insert - TCI Bits):** Estas brocas cuentan con insertos de carburo de tungsteno que se encuentran prensados en orificios en los conos. Son más duraderas y efectivas para formaciones más pesadas y abrasivas.
- c)* **Brocas de Cortadores Fijos (Fixed Cutter Bits):** A diferencia de otros tipos, estas brocas no tienen componentes móviles; su capacidad de corte se basa en cortadores fabricados con materiales extremadamente resistentes, como el diamante policristalino compacto (PDC) o el diamante natural, que están integrados directamente en el cuerpo de la broca.
- d)* **Brocas PDC (Polycrystalline Diamond Compact):** Estas brocas utilizan cortadores de diamante sintético, conocidos por su notable resistencia al desgaste, lo que les permite perforar de manera rápida y efectiva formaciones que varían desde suaves hasta moderadamente duras, e incluso algunas muy resistentes. Su alta tasa de penetración (ROP) y durabilidad las convierten en una opción común en la industria petrolera actual (Oscar Fabian, 2021).
- e)* **Brocas de diamante natural:** Estas brocas emplean diamantes genuinos incrustados en su estructura, lo que las hace ideales para perforar formaciones muy pesadas y abrasivas.
- f)* **Brocas Especiales:** Además de las categorías mencionadas, existen brocas diseñadas para aplicaciones específicas.

- g) Brocas de núcleo (Core Bits).** Estas herramientas se emplean para obtener un cilindro de roca, conocido como núcleo, que es analizado posteriormente para proporcionar datos geológicos sobre el subsuelo (Oscar Fabian, 2021).
- h) Ensanchadores de agujero (Hole Openers).** Su función es aumentar el diámetro de un pozo que ya ha sido perforado.
- i) Brocas híbridas.** Estas brocas combinan elementos de brocas rotatorias y cortadores fijos, lo que les permite mejorar su rendimiento en formaciones geológicas complejas o variables.

La elección de la broca adecuada se basa en varios factores, tales como (Oscar Fabian, 2021).

- **Tipo de formación geológica:** Incluye aspectos como la dureza, abrasividad y homogeneidad de la roca.
- **Profundidad del pozo:** Las brocas deben ser capaces de soportar las presiones y temperaturas que se encuentran en el fondo del pozo. (Oscar Fabian, 2021).
- **Tipo de líquido de perforación:** Es crucial que la broca sea compatible con el lodo utilizado para eliminar los recortes y enfriar la herramienta durante el proceso de perforación.
- **Caudal y eficiencia:** Se busca seleccionar una broca que maximice la tasa de penetración y resistencia, con el propósito de minimizar tanto el tiempo como los costos asociados a la perforación.

Los avances en la tecnología de diseño y materiales de las brocas de perforación continúan progresando, con el objetivo de mejorar la eficiencia, durabilidad y capacidad para perforar formaciones cada vez más difíciles (Oscar Fabian, 2021).

3.4. BHA (BOTTON HOLE ASSEMBLY)

El BHA (Conjunto de Agujeros Bajos) en el contexto de la perforación se refiere al grupo de componentes situados en la parte inferior de la sarta de perforación. Esta sección es fundamental para llevar a cabo la perforación del pozo y se considera el "elemento activo" del proceso. La estructura y los componentes que lo conforman son esenciales para garantizar un funcionamiento eficiente. (Energy Glossary, n.d.)

- **Peso sobre la broca (WOB):** Los componentes del conjunto de herramientas de fondo (BHA), especialmente los lastrabarrenas, proporcionan el peso necesario para que la broca pueda fracturar la roca de manera efectiva.
- **Asegurar la estabilidad:** Los estabilizadores son fundamentales para mantener la broca centrada en el pozo, lo que previene desviaciones y garantiza un perforado uniforme y de alta calidad (Energy Glossary, n.d.)
- **Controlar la dirección:** En la perforación direccional, el BHA está equipado con tecnologías especializadas, como motores de fondo y sistemas de dirección rotativa, que permiten al operador dirigir y controlar la trayectoria del pozo.
- **Toma de mediciones:** Generalmente, el BHA incluye dispositivos para realizar mediciones durante la perforación (MWD - Measurement While Drilling) y registros en tiempo real (LWD - Logging While Drilling), que ofrecen información crítica sobre la formación rocosa, la presión y otras características del pozo en tiempo real mientras se lleva a cabo la perforación (Energy Glossary, n.d.)
- **Mejora del flujo de fluido de perforación:** Algunos componentes del BHA están diseñados para optimizar el flujo del lodo hacia la broca, lo que facilita la limpieza y el enfriamiento durante el proceso de perforación.
- **Vencer dificultades:** Se incluyen herramientas como las "jarras" en el BHA para ayudar en la liberación de la sarta de perforación en caso de que esta se quede atrapada.

3.4.1. Los componentes típicos de un BHA incluyen: (Energy Glossary, n.d.)

- **Barrena (Broca):** La herramienta encargada de realizar el corte en la roca.
- **Porta barrena (Sub de broca):** Elemento que une la barrena con el resto del conjunto de herramientas de perforación (BHA).
- **Opcional: Motor de fondo (Motor de lodo):** Utilizado en la perforación direccional, permite la rotación de la barrena independientemente de la sarta de perforación.
- **Estabilizadores:** Dispositivos que mantienen el BHA centrado en el pozo, evitando desviaciones y reduciendo las vibraciones. (Energy Glossary, n.d.)
- **Lastrabarrenas (Collares de perforación):** Tubos de alta densidad y grosor que proporcionan peso adicional a la barrena.

- **Tubería de perforación de peso elevado (Heavy Weight Drill Pipe - HWDP) (opcional):** Este componente de tubería conecta las lastrabarrenos con la tubería de perforación, proporcionando tanto peso como flexibilidad (Energy Glossary, n.d.)
- **Instrumentos de medición durante la perforación (MWD) y registro en tiempo real (LWD) (opcionales):** Estos dispositivos recogen datos sobre las características de la formación geológica y la trayectoria del pozo.
- **Escariadores y abrelatas (opcional):** Utilizados para mejorar o calentar el pozo (Energy Glossary, n.d.)
- **Amortiguadores de impacto (Absorbers de choque) (opcional):** Su función es reducir las vibraciones y prolongar la vida útil de la barrena.
- **Jarras de perforación (opcional):** Son mecanismos mecánicos o hidráulicos diseñados para liberar la sarta en caso de que se quede atascada.
- **Subsidios (Subs):** Adaptadores que facilitan la conexión de componentes con diferentes tipos de roscas (Energy Glossary, n.d.)
- **Válvulas de flotación (opcional):** Estas válvulas controlan el flujo de fluidos hacia la tubería de perforación.

La configuración específica de un BHA (Bottom Hole Assembly) varía en función de diversos factores, como el tipo de formación que se va a perforar, la trayectoria planificada del pozo (vertical, direccional u horizontal), las condiciones del pozo y los objetivos de la operación. Los ingenieros de perforación diseñan el BHA de manera meticulosa para optimizar la eficiencia, asegurar la seguridad y reducir costos durante el proceso de perforación (Energy Glossary, n.d.)

3.5. PROGRAMA DE BROCAS DE PERFORACIÓN

Un programa de perforación es un documento técnico exhaustivo que detalla y planifica las brocas que se utilizarán en cada fase del proceso de perforación de un pozo. Su objetivo fundamental es aumentar la eficiencia, minimizar los costos y alcanzar la profundidad requerida del pozo de manera segura y efectiva (G. González, 2012).

Este programa se establece previo al inicio de la perforación y se fundamenta en una diversidad de datos, incluyendo (A. González et al., 2009):

- a) Geología anticipada: Detalles sobre las variedades de roca, su dureza, abrasividad y otras propiedades esperadas a diversas profundidades, recopilados de investigaciones geológicas anteriores, datos de pozos adyacentes y análisis sísmicos.
- b) Objetivos del pozo: Los niveles totales requeridos, las formaciones de interés y cualquier requisito específico (como la necesidad de obtener núcleos).
- c) Planificación del pozo: Estructuración del programa de revestimiento, los diámetros de apertura necesarios en cada sección y cualquier restricción relacionada con el tamaño.
- d) Fluido de perforación: Las propiedades del lodo de perforación utilizado en cada segmento, ya que esto influye en la selección de la broca (A. González et al., 2009)
- e) Capacidades del equipo de perforación: La potencia del equipo, la capacidad de bombeo y otras limitaciones que podrían afectar el rendimiento de la broca.
- f) Experiencia previa: Historial de perforaciones en la zona o en formaciones similares, que incluye el uso de diferentes tipos de brocas.
- g) Consideraciones económicas: El costo de los materiales, la duración estimada de la perforación y los gastos operativos asociados (A. González et al., 2009)

3.5.1. Información de un programa de brocas de perforación.

Un programa de brocas exhaustivo típicamente abarca la siguiente información para cada segmento previsto del pozo (A. González et al., 2018):

- Sección del pozo (intervalo de profundidad): Se refiere al rango de profundidad que se planea perforar utilizando un conjunto particular de brocas (A. González et al., 2018)
- Diámetro de la barrena requerida: Es la medida del orificio que se necesita perforar en esa área específica.
- Tipo de barrena recomendada: Incluye información sobre el tipo de broca (como tricónica o PDC), el diseño de los cortadores, las dimensiones y tipos de rodamientos, las características de las boquillas, entre otros aspectos. Es posible evaluar diferentes alternativas para gestionar la incertidumbre geológica o contar con opciones disponibles.

- Justificación de la selección de la barrena: Se proporciona una breve explicación sobre por qué se sugiere un tipo específico de barrena para las condiciones anticipadas (A. González et al., 2018)
- Parámetros de operación recomendados (ROP target): Incluye recomendaciones sobre el peso aplicado a la broca (WOB), la velocidad de rotación (RPM) y el volumen de fluido de perforación, con el objetivo de optimizar el rendimiento de la broca.
- Vida útil esperada de la barrena: Es una estimación en metros o horas que indica la capacidad de cada broca para perforar antes de que sea necesario su reemplazo.
- Criterios de desgaste de la barrena: Son los aspectos que señalarán cuándo es preciso retirar una broca del pozo, tales como el desgaste de los cortadores, la pérdida de conos o fallos en los cojinetes; estos factores son fundamentales para decidir sobre el reemplazo (A. González et al., 2018)
- Número estimado de barrenas requeridas: Es una proyección de cuántas brocas del tipo especificado serán necesarias para completar la perforación de la sección total.
- Costo estimado por barrena y costo total estimado para la sección.
- Consideraciones especiales: Cualquier advertencia o precaución específica relacionada con el uso de las barrenas en esa sección.

3.5.2. Importancia de un programa de brocas de perforación:

- Optimización del rendimiento: La selección adecuada de brocas para cada tipo de formación resulta en un aumento de la tasa de penetración (ROP) y una reducción en el tiempo total de perforación (A. González et al., 2009).
- Reducción de costos: Prolongar la vida útil de las barrenas y disminuir la frecuencia de cambios de tubería genera ahorros significativos.
- Minimización de problemas: Elegir correctamente las barrenas ayuda a prevenir inconvenientes como el empaquetamiento, el desgaste prematuro y las desviaciones en la trayectoria del pozo.
- Mejora de la seguridad: Un programa bien estructurado promueve operaciones de perforación más seguras, considerando las condiciones del pozo y las capacidades del equipo (A. González et al., 2009).

- Facilita la logística: Permite planificar con antelación la adquisición y el transporte de las barrenas necesarias al sitio de perforación.
- Proporciona un punto de referencia: Actúa como guía durante la perforación, permitiendo la comparación entre el rendimiento real y las expectativas.

En conclusión, el éxito de una operación de perforación está estrechamente vinculado a la existencia de un programa de brocas bien diseñado. Su creación requiere un conocimiento exhaustivo de la geología, la ingeniería de perforación y las propiedades de las diversas barrenas, garantizando así un proceso eficiente, seguro y rentable (A. González et al., 2009)

CAPÍTULO IV: ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

RESULTADOS

4.1. DISEÑOS DE BHA POR SECCIONES

4.1.1. BHA Sección 16''

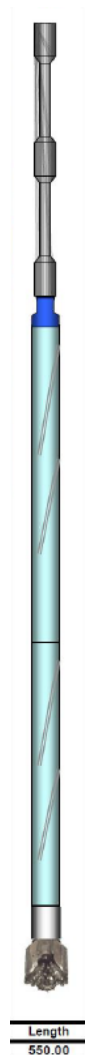


Figura. - 10. BHA Sección 16'' - Fuente Petroecuador

La broca en superficie no presentó desgaste en ninguna de sus áreas, se encuentran en óptimas condiciones, sellos o cojinetes, diámetro nominal en calibre, sin características secundaria de desgaste (NO), con una razón de salida por cambio de ensamblaje de fondo (BHA). La broca acumuló en la corrida 14000 revoluciones netas, 20200 revoluciones totales.

a) Brocas sección 16''

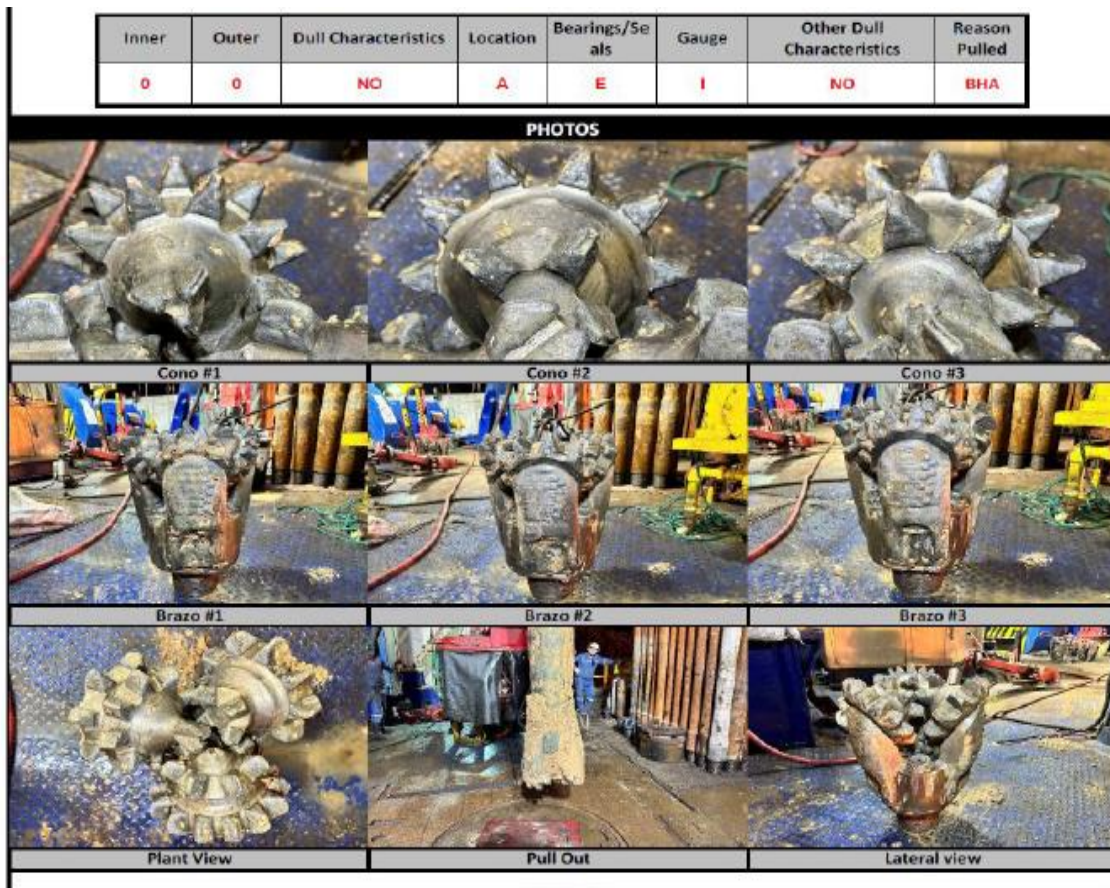


Figura. - 11. Brocas utilizadas en la sección 16'' - Fuente Petroecuador

Ya con BHA en superficie se observa que la broca presentó desgaste en su estructura de corte interno (1), no presentó desgaste en su estructura de corte externo (0), cortadores astillados como característica principal de desgaste (CT), desgaste ubicado a la altura del hombro (S), su diámetro en calibre (1), cortadores rotos como características de desgaste (BT), con una razón de salida al internar la sección (TD).

4.1.2. BHA Sección 12 1/4.



Figura. - 12. BHA Sección 12 1/4'' - Fuente Petroecuador

Ya con la broca en superficie pudimos observar que presentó desgaste de corte interno (0), presentó desgaste en su estructura de corte externo (1), cortadores astillados como característica principal (CT), desgaste presentado a la altura de guaga (G), su diámetro nominal en calibre (I), sin características secundaria de desgaste (NO), con una razón de salida por cambio de ensamblaje de fondo de acuerdo con lo programado (BHA).

a) *Brocas se la sección 12 1/4.*

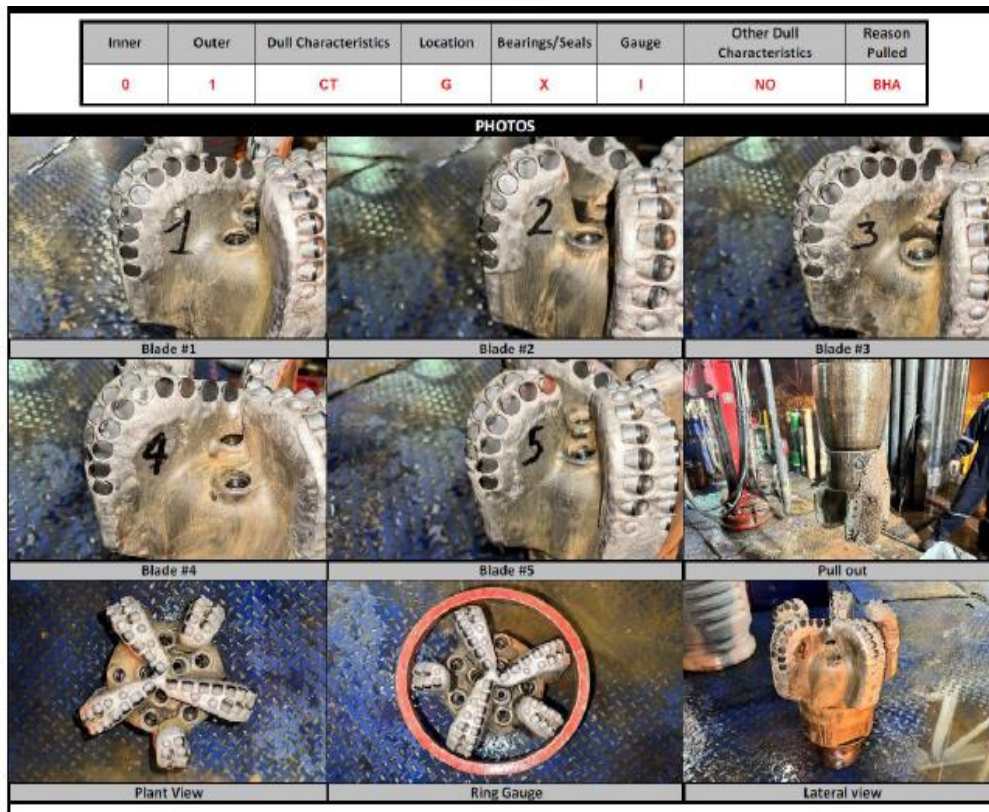


Figura. - 13. Brocas utilizadas en la sección 12 1/4'' - Fuente Petroecuador

Ya con BHA en superficie se observa que la broca no presentó desgaste en su estructura de corte interna, presentó desgaste en su estructura de corte externa (1), cortadores astillados como característica principal de desgaste (CT), desgaste ubicado a la altura del hombro (S), su diámetro nominal en calibre (I), sin característica secundaria de desgaste (NO), con una razón de salida al concluir la sección (TD).

4.1.3. BHA Sección 8 1/2".



Figura. - 14. BHA de la sección 8 1/1'' - Fuente Petroecuador

Ya con BHA en superficie observamos que la broca presentó desgaste en su estructura de corte interna (1), se observa desgaste en su estructura de corte externa (D), cortadores rotos como característica principal de desgaste (BT), ubicado a la altura del cono (C), su diámetro nominal en calibre (I), sin característica de desgaste (NO), con una razón de salida al concluir la selección (TD).

4.2. DIAGRAMA MECÁNICO DEL POZO

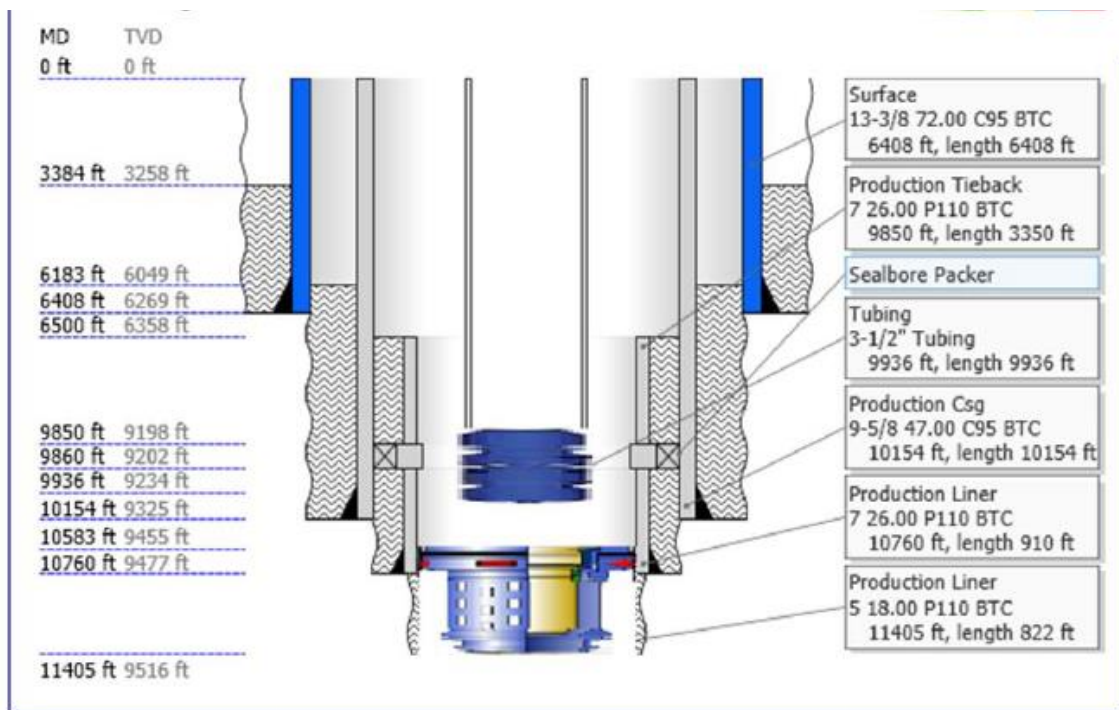


Figura. - 15. Diagrama mecánico del pozo - Fuente Petroecuador

- a) **Pozo relativamente profundo.** La profundidad total medida del pozo es de 11405 ft.
- b) **Completación con Packer.** La presencia de un empacador (Sealbore Packer) indica que se busca aislar la zona productora para un control eficiente de la producción.
- c) **Uso de Liners.** La utilización de dos liners de producción (7 y 5 pulgadas) sugiere una estrategia para aislar diferentes zonas productoras o para manejar cambios en el diámetro del pozo. Los liners son secciones de revestimiento que no se extienden hasta la superficie, sino que se cuelgan del revestimiento de producción principal.

- d) **Diferencias entre MD y TVD.** Se observa una ligera diferencia entre la profundidad medida y la profundidad vertical verdadera a medida que aumenta la profundidad, lo que indica que el pozo puede tener una ligera desviación de la vertical. La diferencia se hace más notable en las secciones más profundas.
- e) **Configuración Típica.** La configuración general (revestimiento de superficie, revestimiento de producción, liner, tubería de producción y packer) es común en pozos de petróleo y gas.

4.3. MOVIMIENTOS DEL EQUIPO POR SECCIONES DEL POZO

4.3.1. Sección superficial 16”.

Armó BHA # 1 convencional con broca Tricónica de 16” + Bit Sub + UBHO + 2 x 8” Drill Collar + Crossover + 15 x 5” HWDP. Bajó y tocó fondo a 45’. Perforó hoyo superficial desde 45’ hasta 510’ con los siguientes parámetros: 500 GPM; 510 PSI; 90 RPM; 5-10 WOB; 1-4 TQ. Bombea 30 bbls de píldora dispersa y 30 bbls de píldora viscosa y circulan hasta zarandas limpias. Saca BHA convencional # 1 libre hasta superficie. Calificación de la broca: 0-1-WT-A-E-I-BU-BHA.

Armó BHA # 2 direccional con broca PDC de 16” + Motor A962M + Float sub + 15 3/4” Stabilizer + Pony Monel + Telescope + UBHO + Monel + 2 x 8” Drill Collar + x-over + 20 x 5” HWDP + Hydraulic Jar + 9 x 5” HWDP + Crossover. Prueba herramientas direccionales con 600 GPM y 730 PSI. Bombea 30 bbls de píldora viscosa y circula hasta retornos limpios. Toma primer registro de Gyro a 415’. Perfora sección de 16” rotando y deslizando desde 510’ hasta 988’. Toma segundo registro gyro a 906’. Perfora sección de 16” rotando y deslizando desde 988’ hasta 1553’. Bombea 30 bbls de píldora dispersa y circula para limpieza del pozo. Toma tercer gyro a 1467’. Continúa perforando sección de 16” rotando y deslizando hasta 5478’. Se bombea 30 bbls de píldora dispersa cada parada y 30 bbls de píldora dispersa con 30 bbls de píldora viscosa cada 2 paradas se repasan 1 vez por 6 min en total. Bombea 50 bls de píldora dispersa + 60 bls de píldora viscosa pesada y circula hasta retornos limpios, densifica y homogeniza lodo de 9.7 a 10.0 ppg.

Chequea flujo estático y saca BHA direccional # 2 con broca PDC de 16" libre desde 5478' hasta 4452'. Bombea 20 bbls de píldora viscosa pesada + continúa sacando BHA direccional #2 con broca PDC de 16" en tubería seca libre desde 4452' hasta 560'. A 560' se presenta overpull de hasta 60 klb + trabaja sarta reciprocando sin éxito. La sarta queda atrapada no hay movimiento ni arriba ni abajo. Procede a conectar x-over 4 1/2" if x 5 1/2" fh para poder conectar el HWDP al top drive y restablecer circulación. Trabaja sarta aplicando torque y peso con éxito, se libera la sarta y se consigue movimiento, se aplica backreaming desde 560' hasta 460' y repasa hasta quedar libre. Continúa sacando BHA direccional # 2 libre desde 460' hasta superficie. Quiebra BHA direccional #2 y broca PDC de 16". Calificación de la broca: 1-1-CT-C/G-X-I-WT-BHA. Desgaste del motor: 2 mm.

Armó BHA # 3 direccional con broca PDC de 16" + Motor A962M + Float sub + 14 5/8" Stabilizer + Pony Monel + Telescope + Monel + 2 x 8" Drill Collar + x-over + 20 x 5" HWDP + Hydraulic Jar + 9 x 5" HWDP + Crossover. Prueba herramientas direccionales con 600 GPM y 550 PSI. Perfora rotando y deslizando desde 5960' hasta 6408'. Bombea 60 bbls de píldora dispersa con cáscara de nuez + 70 bbls de píldora viscosa pesada. Circula hasta retornos limpios y densifica y homogeniza lodo de 10.3 a 10.8 ppg. Saca BHA # 3 y broca PDC de 16" desde 6408' hasta 4000'.

Bajó revestidor de 13 3/8" K-55 combinado de 72 lbs/pie y 68 lbs-pie, utilizando equipo de la compañía TESCO. El arreglo se compuso de zapata flotadora + 1 junta de revestidor de 13 3/8", 72 lbs/pie + collar flotador 13 3/8" + 87 juntas de revestidor de 13 3/8", 72 lbs/pie + 85 juntas de revestidor de 13 3/8", 68 lb/pie. Se emplearon 9 centralizadores Bow Spring. Se baja llenando tubo por tubo y rompiendo circulación cada 500'. Circula un fondo arriba para limpieza de pozo a 2060'. Continúa bajando casing de 13 3/8" hasta 3463' y circula un fondo arriba para limpieza del pozo. Continúa bajando y a 3614' se tiene apoyo franco de hasta 30 klbs con señales de posible empaquetamiento, por lo que se continúa bajando y trabajando todos los tramos hasta 6408'. Circula con 360 GPM y 360 PSI, para estabilizar parámetros y acondicionar reología del lodo.

La operación de cementación se desarrolló de la siguiente manera: Probó líneas de cementación aplicando 3500 psi durante 10 minutos + bombeó 60 bbls de Mud Push II + liberó tapón suave + bombeó 239 bbls de lechada lead de 13.5 ppg + 48 bbls de lechada

tail de 15.2 ppg + liberó tapón duro. Inició desplazamiento de la siguiente manera: bombeó 3 bbls de lechada tail de 15.2 ppg + 10 bbls de agua fresca + desplazó con bombas del taladro 935.2 bbls de lodo de 10.2 ppg. Asentó tapón superior con 1500 psi, se mantiene dicha presión por 5 minutos. Liberó presión y se observaron 5 bbls de back flow en la unidad de cementación. Well Services desarmó cabeza de cementación. Se introdujo en el anular 2 juntas de tubería Macaroni de 60 pies. Well Services bombeó 23 bbls de lechada clase "A" de 15.2 ppg, retorna 5 bbls aproximadamente en superficie.

Realizó corte definitivo y biselo del casing. Instaló sección "A" y "B" del cabezal Multibowl y probó con 2400 psi durante 10 min.

4.3.2. Sección intermedia 12 ¼".

Armó BHA # 4 direccional con broca PDC de 12 ¼" + A800M7840XP / Sleeve 12" + Float Sub + 11 ¾" Stabilizer + Pony Monel + MWD Power Pulse + Monel + Crossover + 20 x 5" HWDP + Hydraulic Jar + 9 x 5" HWDP + Crossover. Probó herramientas direccionales con 600 gpm y 570 psi.

Bajó BHA direccional, rompiendo circulación cada 1020', hasta 6100' donde encuentra el tope del cemento. Muele cemento + tapones + collar flotador + zapato de 13 3/8" hasta 6408'. Desplazan lodo Nativo de 11.1 ppg por lodo Klastop de 9.7 ppg.

Perforó hoyo de 12 ¼", con BHA # 4 desde 6408 pies hasta 6457 pies con los siguientes parámetros WOB: 10 Klbs, RPM: 50, Galonaje: 700 gpm, Presión: 1900 psi, Torque: 15 Klbs-ft. Continúa perforando sección de 12 ¼" con parámetros controlados desde 6457 pies hasta 6795 pies con los siguientes parámetros WOB: 5 – 8 Klbs, RPM: 40, Galonaje: 700 GPM, Presión: 1980 psi, Torque: 12-17 Klbs-ft. Perfora sección de 12 ¼" con parámetros normales desde 6795 pies hasta 7460 pies, y desde 7460 pies hasta 7560 pies. Bombea 50 bbls de píldora dispersa + 60 bbls de píldora viscosa + circula hasta retornos limpios + densifica y homogeniza lodo de 9.9 a 10.1 ppg. Bombea 60 bbls de píldora viscosa pesada y continúa circulando densificando lodo de 10.1 a 10.2 ppg para compensar el ECD para el viaje.

Saca BHA direccional # 4 con broca PDC de 12 ¼" desde 7560 pies hasta 6408 pies (zapato de 13 3/8"), con puntos apretados a 7243', 7149', 6921', 6843', 6750' con overpull de hasta 50 klbs, trabaja sarta con bomba reciprocando hasta quedar libre. Bombea 20 bbls de píldora viscosa pesada y continúa sacando BHA direccional # 4 en tubería seca desde 6408 pies hasta superficie. Quiebra broca PDC de 12 ¼" Calificación de la broca: 0-2-CT-G-X-I-NO-BHA, desgaste del motor: 0.5 MM.

Armó BHA # 5 direccional con broca tricónica de 12 ¼" + A800M7840XP / Sleeve 12" + Float Sub + 11 3/4" Stabilizer + Pony Monel + MWD Power Pulse + Monel + Crossover + 20 x 5" HWDP + Hydraulic Jar + 9 x 5" HWDP + Crossover. Probó herramientas direccionales con 600 gpm y 1100 psi.

Baja BHA direccional # 5 con broca tricónica de 12 ¼" desde superficie hasta 1020' y prueba herramientas direccionales con 650 GPM y 1260 psi. Continúa bajando BHA direccional # 5 con broca tricónica de 12 ¼" hasta 7560', bombea 50 bbls de píldora viscosa y circula un fondo arriba para limpieza del pozo. Perfora sección de 12 ¼" con BHA direccional # 5 y broca tricónica rotando y deslizando desde 7560' hasta 8215'. Se bombea 30 bbls de píldora viscosa y se repasa 1 vez por 6 minutos en total cada parada. Repasa parada, toma survey y bombea 30 bbls de píldora dispersa y 60 bbls de píldora viscosa pesada. Circula hasta retornos limpios a 8215' con BHA direccional # 5 y bombea 60 bbls de píldora viscosa pesada, circula, densifica y homogeniza lodo de 10.3 a 10.7 ppg. Saca BHA direccional # 5 libre desde 8125' hasta 6408', bombea 20 bbls de píldora pesada y continúa sacando BHA direccional # 5 desde 6408' hasta superficie. Quiebra BHA direccional # 5. Calificación de la broca tricónica de 12 ¼". Calificación de la broca tricónica de 12 ¼": 1-1-WT-G-E-I-NO-BHA. Desgaste del motor: 4 MM. Estabilizador en calibre.

Bajó revestidor de 9 5/8" de 47 lbs/pie, C-95 utilizando equipo de la compañía Tesco. El arreglo se compuso de zapata flotadora + 1 junta de revestidor de 9 5/8", 47 lbs/pie + collar flotador 9 5/8" + 262 juntas de revestidor de 9 5/8", 47 lbs/pie. Bajó casing problemas hasta 10155'. Se emplearon un total de 4 centralizadores Centek y 8 stop collar. La zapata quedó a 10155 pies MD y el collar flotador a 10114 pies MD.

Well Services armó cabeza de cementación y probó líneas de presión aplicando 4500 psi durante 10 minutos + liberó tapón suave + 60 bbls de Scavenger de 14.5 ppg + 105 bbls de lechada lead de 15.6 ppg + 85 bbls de lechada tail de 16.8 ppg + suelta tapón de tope + desplaza con 3 bbls de lechada tail de 16.8 ppg + 10 bbls de agua fresca + 727 bbls de lodo. Presión final de desplazamiento 1100 psi, presión de asentamiento del tapón 1500 psi. Flow back: 3 bbls. Desarmó líneas y retiró cabeza de cementación.

4.3.3. Sección intermedia 8 ½ “.

Armó BHA direccional # 7 con broca PDC de 8 ½” + Motor A675M (BH:1.83) / Stab. 8 3/8” + Float Sub + GVR 6” + Telescope 675 NF + Monel + 20 x 5" HWDP + 6 1/2" Hydraulic Jar + 9 x 5" HWDP. Bajó BHA hasta 1017’ y realizó prueba de herramientas direccionales con 500 GPM y 1140 psi. Continuó bajando BHA desde 1017’ hasta 10085’, donde topó cemento. Muele cemento duro + shoe track hasta 10155’ pies con 400 GPM, 30 RPM, 2500 PSI, 18-20 TQ y WOB: 4 - 6. Desplazó lodo viejo de 13.5 ppg por lodo nuevo Klastop de 12 ppg.

Perforó agujero de 8 ½” rotando desde 10160 pies hasta 10404 pies. Detiene perforación por baja ROP y dificultad en construir ángulo. Saca BHA # 7 direccional de 10404’ a 10134’, circula un fondo arriba hasta retornos limpios, bombea 30 Bbls de píldora pesada de 14.5 ppg y continúa sacando BHA # 7 en tubería seca hasta superficie. Quiebra broca PDC de 8 ½”, motor, GVR y MWD. Calificación de la broca: 0-1-CT-S/G-X-I-NO-BHA.

Armó BHA direccional # 8 con broca tricónica de 8 ½” + Motor A675M (BH: 2.12) + Float Sub + Telescope 675 NF + Monel + 20 x 5" HWDP + 6 1/2" Hydraulic Jar + 9 x 5" HWDP. Bajó BHA hasta 9183’, prueba herramientas direccionales con 450 gpm y 1090 psi. Continúa bajando BHA # 8 de 183’ a 10404’, bombea 30 bbls de píldora viscosa pesada de 14 ppg y 120 seg. Perfora sección de 8 ½” desde 10404’ hasta 10558’, bombea 40 bbls de píldora viscosa pesada con material puenteante de 14 ppg y 120 seg, circula un fondo arriba hasta retornos limpios, saca BHA # 8 direccional hasta 10124’, circula un fondo arriba hasta retornos limpios, bombea 30 bbls de píldora pesada de 14 ppg y continúa sacando BHA # 8 hasta superficie. Calificación de la broca: 0-0-NO-A-E-I-NO.BHA, desgaste del motor: 2 MM. Programa herramienta MWD.

Armó BHA direccional # 9 con broca tricónica de 8 ½” + Motor A675M (BH: 1.83) + Float Sub + Periscope 675 + Telescope 675 + Monel + 20 x 5" HWDP + 6 1/2" Hydraulic Jar + 9 x 5" HWDP. Bajó BHA hasta fondo, de 10114' hasta 10558' bajó con circulación, registrando con LWD (gamma ray y resistividad). Una vez en fondo bombeó 30 bbls de píldora viscosa de 120 seg. Continúa perforando sección de 8 ½” rotando y deslizando hasta 10760', bombea 40 bbls de píldora viscosa de 120 seg y circula hasta retornos limpios. Baja BHA # 9 direccional acondicionando pozo con 40 RPM, 460 GPM, 2700 PSI hasta llegar a fondo. Bombeó 50 bbls de píldora viscosa pesada de 14 ppg y 120 seg, circula un fondo arriba hasta retornos limpios y espotea 50 bbls de píldora estabilizante-puenteante. Sacan BHA # 9 direccional de 10760' a 10130'. Bombea 40 bbls de píldora pesada de 14 ppg, chequea flujo por 5 min y continúa sacando hasta superficie. Desgaste del motor: 4 MM. Calificación de la broca: 1-1-WT-A-E-I-ER-TD.

La sección terminó a 10760 pies MD / 9467.13 pies TVD con 86° de inclinación y 114° de azimuth. Para la perforación se utilizó fluido KLASTOP, iniciando con una densidad de 12 ppg y terminando la perforación con 12 ppg. Bajó liner de 7”, 26 lbs/pie, C-95, BTC, utilizando equipo de la compañía TIW. El arreglo se compuso de zapata flotadora de 7” + 2 junta de 7” + landing collar + 22 juntas de revestidor de 7” + colgador expandible. Se empleó 1 centralizador Centek de 7”. La zapata quedó a 10760 pies MD, el landing collar a 10680.94' y el tope del liner a 9850.59 pies MD.

La operación de cementación se realizó de la siguiente manera: bombeó 35 bbls de espaciador de 13.2 ppg + 35 bbls de lechada de 16.8 ppg, suelta dardo y desplaza con 10 bbls de agua fresca + 192 bbls de lodo de 12 ppg. Observa acople del dardo – tapón con 2150 psi, rompe anillo de corte de 4200 psi y realiza expansión del colgador, presurizando hasta 4500 psi por 10 min, despresuriza y observa back flow de 3 bbls. Tensiona sarta y libera setting tool aplicando 100 klbs de peso, levanta y observa sarta libre. Levanta 10' por encima del tope del liner y circula un fondo arriba con 420 GPM y 1830 PSI, observa retorno del espaciador a superficie. Prueba sello del colgador con 800 psi durante 15 min, levantó 60' y circuló otro fondo arriba con 420 GPM y 1700 psi. Saca setting tool hasta superficie.

Arma BHA de limpieza con broca tricónica de 6 1/8" + bit sub + 1 JTA HWDP 3 1/2" + x-over + polish mil + espaciador + dresser mil + x-over + scraper de 9 5/8" + bit sub. Baja BHA de limpieza hasta 9700' y con circulación hasta 9894' y trabaja en el interior del receptáculo expander hasta el contacto del dresser mil con 40 RPM, 13-14 KLBS-FT de TQ, 252 GPM y 940 psi. Levanta y circula con 252 GPM y 890 psi. Saca BHA de limpieza a superficie. Quiebra herramientas de limpieza.

Bajó tie back liner de 7", 26 lbs/pie, C-95, BTC, utilizando equipo de la compañía TIW, conecta seal nipple + x-over + 1 junta liner de 7" + orifice collar + 90 juntas liner 7" + x-over + setting collar + setting tool. Se utilizó 20 centralizadores CENTEK + 22 stop collars. Bajó hasta 9851' para quedar 1' dentro del receptáculo expander y confirma sello con el primer anillo, levanta 2'.

4.3.4. Sección producción 6 1/8".

Armó BHA direccional # 10 con broca tricónica de 6 1/8" + Motor A475M + 27 x 3 1/2" HWDP + 48 x 3 1/2" DP + 9 x 3 1/2" HWDP + 4 3/4" Hydraulic Jar + 14 x 3 1/2" HWDP + 87 x 3 1/2" DP + x-over + 45 x 5" HWDP. Bajó BHA hasta 9445' donde apoya con WOB 4-8 klbs. Se pasa por el tope del tie back liner 7" con 250 GPM y 2400 PSI. Circula para romper geles y baja moliendo cemento + tapones + orifice collar de 9445' a 9818'. Continúa bajando libre de 9818' a 10575' donde apoya. Baja moliendo cemento + landing collar + zapata desde 10575' hasta 10760'. Perfora 5' de formación nueva de 10760' a 10765', bombea 50 bbls de píldora viscosa de 120 seg y circula hasta retornos limpios. Bombea 60 bbls de píldora viscosa espaciadora, desplaza fluido Klastop x Flopro NT de 8.9 ppg. Bombea 40 bbls de píldora pesada de 10.8 ppg y saca BHA # 10 rotatorio a superficie. Calificación de la broca: 1-1-BT-M-E-I-CT-BHA.

Armó BHA direccional # 11 con broca PDC + Power Drive 475 + Receiver + 5 7/8" Sleeve Stab + x-over + periscope 475 + ShortPulse HF + ADN-4 + 6 1/8" Stab + Monel + 27 x 3 1/2" HWDP + 49 x 3 1/2" DP + 9 x 3 1/2" HWDP + 4 3/4" Hydraulic Jar + 14 x 3 1/2" HWDP + 87 x 3 1/2" DP + x-over + 44 x 5" HWDP. Baja BHA hasta 102' y prueba herramientas direccionales, baja a 410' y realiza segunda prueba de herramientas direccionales. Continúa bajando BHA # 11 hasta 10637', bombea 40 bbls de píldora viscosa de 120 seg y continúa bajando BHA # 11 con circulación hasta 10765'.

Perforan sección de 6 1/8" hasta 10903' con WOB: 16-20 klbs, 80-100 RPM, TQ: 10-21 klbs-ft, 290 GPM y 2300 psi. Suspende perforación por registrar alto stick & slip y shocks hasta un nivel máximo de 3, bombean 40 bbls de píldora viscosa, acondicionan lodo incrementando lubricidad hasta 2% en el sistema. Continúa perforando sección de 6 1/8" hasta 10926' con WOB: 10-15 klbs, 100 RPM, TQ: 10-21 klbs-ft, 290 GPM y 2400 psi. Bombea 40 bbls de píldora viscosa de 160 seg y circula hasta retornos limpios en fondo y medio. Saca tubería hasta 10700', bombea 40 bbls de píldora pesada de 11 ppg y continúa sacando hasta superficie. Calificación de la broca 0-1-WT-N-X-I-NO-BHA, descargan información y evalúan herramientas direccionales.

Armó BHA direccional # 12 con broca tricónica de 6 1/8" + A475M (BH: 1.5 deg) + float sub + estabilizador de 4 3/4" + x-over + periscope 475 + ShortPulse HF + ADN-4 + Monel + 27 x 3 1/2" HWDP + 48 x 3 1/2" DP + 9 x 3 1/2" HWDP + Hydraulic Jar + 14 x 3 1/2" HWDP + 87 x 3 1/2" DP + x-over + 44 x 5" HWDP. Probó herramienta direccional a 4000' con 250 GPM y 1800 psi. Continúa bajando BHA # 12 con circulación hasta 10926', bombean 40 bbls de píldora viscosa de 120 seg circulando y reciprocando sarta. Perfora sección de 6 1/8" hasta 10985' con WOB: 10-25 KLBS, 255 GPM Y 2240 PSI, presión diferencial 100 PSI. Suspende operación por desconectarse la tubería, perdiendo 70 klbs en el peso de la sarta y disminuyendo la presión desde 2240 psi hasta 500 psi, se procede de inmediato a conectarse nuevamente, recuperando peso de la sarta y presión original. Suspende bombeo y procede a sacar sarta hasta superficie para su revisión y poder ubicar la junta que se desconectó. Calificación de la broca: 4-1-BT-M-E-I-LT-DSF. Sube motor y prueban con 400 psi y 250 GPM, evalúan herramientas direccionales y descargan su información.

Armó BHA direccional # 13 direccional con broca tricónica de 6 1/8" + A475M (BH: 1.5 deg) + float sub + 4 3/4" x 5 7/8" Stab + Pony Monel + Impulse + Saver sub + Monel + 24 x 3 1/2" HWDP + 30 x 3 1/2" DP + 9 x 3 1/2" HWDP + 4 3/4" Hydraulic Jar + 38 x 3 1/2" HWDP + 3 1/2" DP + x-over + 44 x 5" HWDP. Baja BHA # 13 verificando torque junta por junta. Con BHA en el fondo circula y reciproca sarta con 40 RPM, bombeando 40 bbls de píldora viscosa. Reanuda perforación de sección horizontal de 6 1/8" rotando y deslizando hasta 11156'. Circula y reciproca sarta, bombeando 30 bbls de píldora viscosa.

Al reciprocarse en fondo, observa resistencia e incremento de presión en los últimos 3 pies, parándose la rotación al llegar a los 18 klbs-ft de TQ, WOB: 6-8 klbs, levantó sarta libre y repitió intento de llegar a fondo varias veces con el mismo resultado. Bombea 50 bbls de píldora viscosa y circula un fondo arriba. Suspende bombeo y levanta hasta 10965', procede a bajar nuevamente repasando hasta 11156' e intenta reanudar perforación sin éxito por observar incremento de presión desde 2500 psi hasta 3100 psi. Estabilizándose en 2800 psi al ir cargando peso sobre la broca gradualmente desde 2 hasta 20 klbs, parándose la rotación con 21 klbs-ft. Suspende perforación y procede a sacar sarta a superficie para revisar BHA. Calificación de la broca: 8-8-LC-A-F-NO-BT-HP. Broca tricónica de 6 1/8" sale sin 2 conos.

Arman BHA de pesca con herramienta VACS de Cia Baker + 15 x 3 1/2" HWDP + bumper sub + fishing jar + intensificador. Procede a bajar a fondo y acomodar los conos a la entrada de la herramienta de pesca, cargando peso hasta de 10 klbs con un torque de 15/16 klbs-ft, suspende rotación y comienza a reciprocarse sarta levantando 15' y bajando nuevamente a fondo sin rotar, cargando 10 klbs repitiendo esta operación durante una hora para dar margen a la recuperación de los conos. Suspende bombeo y procede a sacar sarta de pesca hasta superficie para revisar herramienta de pesca. Se recuperaron los 2 conos de la broca tricónica de 6 1/8".

Armó BHA direccional # 14 con broca PDC de 6 1/8" + A475M (BH: 1.5 DEG) + float sub + estabilizador de 4 3/4" + Pony monel + Impulse + Saver sub + Monel + 24 x 3 1/2" HWDP + 30 x 3 1/2" DP + 9 x 3 1/2" HWDP + 4 3/4" Hydraulic Jar + 38 x 3 1/2" + 3 1/2" DP + x-over + 45 x 5" HWDP. Prueba herramientas direccionales con 250 GPM y 910 psi. Baja BHA # 14 hasta fondo, bombea 40 bbls de píldora viscosa. Reanuda perforación de sección horizontal de 6 1/8" rotando y deslizando hasta 11540'. Bombea 50 bbls de píldora viscosa + circula 2 fondos arriba. Realiza viaje corto sin restricción desde 11560' hasta la zapata de 7". Bombea 40 bbls de píldora viscosa y circula. Baja BHA # 14 con broca PDC libre desde 10580' hasta 11540'. Bombea 50 bbls de píldora viscosa, circula 2 fondos arriba. Realiza viaje hasta 10580', bombea 40 bbls de píldora viscosa y circula, bombea 30 bbls de píldora viscosa pesada y saca BHA hasta superficie. Calificación de la broca: 0-0-NO-A-X-I-NO-TD. Desgaste del motor: 2 MM.

La sección terminó a 11540 pies MD / 9506.30 pies TVD con 95.91° de inclinación y 120° de azimuth. Para la perforación se utilizó fluido FLOPRO, iniciando con una densidad de 8.9 ppg y terminando la perforación con 8.9 ppg.

4.4. CURVA DE PROFUNDIDAD VS TIEMPO

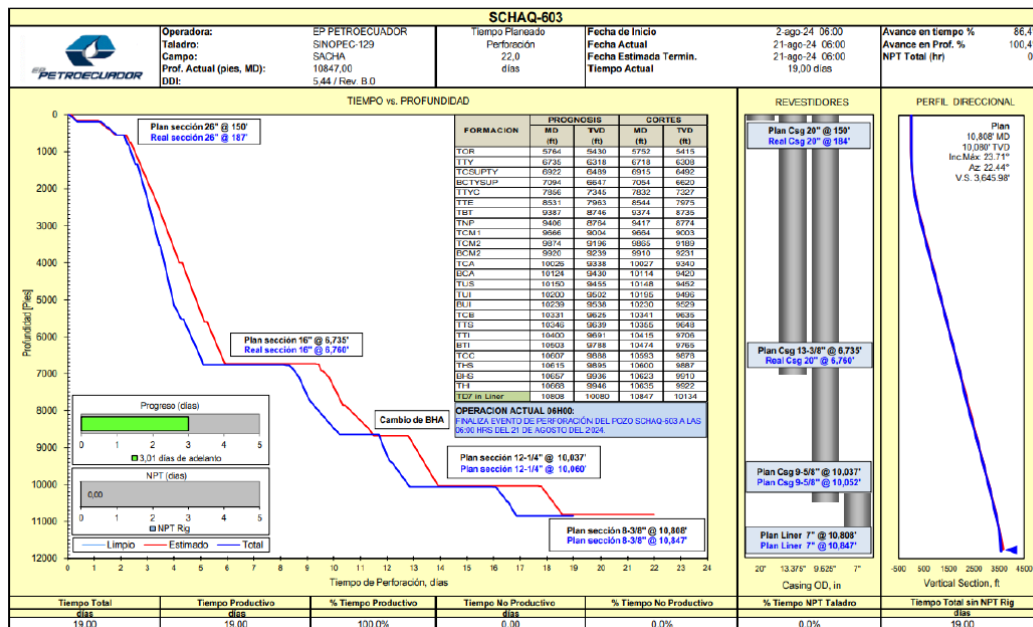


Figura. - 16. Curva de Profundidad vs Tiempo – Fuente Petroecuador

- a) **Profundidad Alcanzada.** Se ha superado la profundidad total planificada del pozo (11405 pies vs. 10647 pies).
- b) **Progreso en Tiempo.** El tiempo real de perforación (18.00 días) es ligeramente superior al tiempo planificado (17.44 días), pero el reporte indica un avance del 100% en tiempo. Esto podría deberse a una actualización del plan o a cómo se está calculando el avance en tiempo.
- c) **Velocidad de Perforación.** El gráfico de Tiempo vs. Profundidad muestra que la velocidad de perforación real fue generalmente más lenta que la planificada, especialmente en las secciones más profundas. Esto podría ser debido a cambios en la dureza de la formación, problemas operacionales o la necesidad de cambiar el BHA.
- d) **Cambios en el Programa de Barrenas.** Hubo modificaciones en las barrenas utilizadas en comparación con el plan original, lo que sugiere que se realizaron ajustes en función de las condiciones encontradas durante la perforación.

- e)* **Tiempo No Productivo.** El NPT acumulado es relativamente bajo (0.20 días), lo que indica una buena eficiencia operativa en general.
- f)* **Perfil Direccional.** La trayectoria del pozo sigue de cerca el plan direccional, lo que sugiere un buen control direccional durante la perforación.
- g)* **Operación Actual.** Al momento de generar este reporte, se continúa perforando la sección final del pozo con una barrena de 6-1/8 pulgadas.

En resumen, este reporte de perforación proporciona una visión detallada del progreso del pozo SCHAQ-663. Muestra que se ha superado la profundidad planificada, aunque con una velocidad de perforación generalmente más lenta de lo previsto. El tiempo no productivo se mantiene bajo y el control direccional ha sido efectivo. La operación actual se centra en la perforación de la sección final del pozo.

CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

- Durante la corrida se hicieron repasos adicionales en la zona de boulders para conformar de mejor manera el hoyo. Se trabajó hasta 110RPM ya que existía mucha vibración en superficie. Se mantuvo control de la ROP durante todo el intervalo.
- Durante los primeros pies se perforó con parámetros de GPM y ROP controlados, para evitar inducir pérdidas de fluido hacia la formación lo que dio resultado favorable. Trabajó en circuito corto durante la sección de 16 pulgadas (trampa de arena-succión de bombas) lo que obligó a trabajar con porcentajes altos de arena. Durante la sección de 8 3/8 pulgadas se formuló el fluido con una mezcla de carbonatos malla 325/200/100. No se tuvo claro datos petrofísicos del campo por lo que se realizó un plan de puenteo diferente al inicialmente plasmado en el programa.
- Se observa un progreso en la perforación del pozo, alcanzando una profundidad actual de 10647 pies. Sin embargo, el progreso real (línea roja) se ha mantenido por debajo del planificado (línea azul) en varios tramos. El tiempo total de perforación actual es de 19 días, igual al tiempo planificado. Sin embargo, se aprecia que el tiempo productivo real (15.8 días) es menor que el planificado (19 días), lo que indica un tiempo no productivo de 3.2 días. El avance en las secciones de 16" y 12-1/4" ha superado ligeramente el 100% del planificado. Sin embargo, la sección de 8-3/8" presenta un avance del 0%, lo que podría indicar

una detención o problemas en esta etapa. Se han instalado revestidores de 20", 16", 13-3/8" y 9-5/8". Se planifica instalar revestidores adicionales de 8-3/8" y liner de 7".

5.2. RECOMENDACIONES

- Mantener siempre el control de parámetros al iniciar la perforación para mantener verticalidad y evitar fracturas en la zona somera y superficial. Realizar siempre un patrol al iniciar para garantizar el corte de la formación uniforme y evitar daños prematuros en la estructura principal y secundarios de la broca. Realizar repasos adicionales en la zona de boulders para mejorar conformación del hoyo.

- En sección de 16 pulgadas se recomienda perforar incrementando al sistema de circulación el tanque del desander para poder tener el control de arena y así evitar desgastes de las partes metálicas del sistema de circulación. En la sección 16 pulgadas hasta los 800 pies aproximadamente se recomienda añadir carbonatos de granulometría mayor al usado (malla 30/40/60) además de bentonita para controlar pérdidas superficiales. Recomienda realizar pruebas de lubricidad con la formulación del fluido usado para determinar el factor de fricción. Determinar la concentración del S-PHPA en solución dentro de las canecas ya que su eficiencia fue modesta. Tener centrifugas decantadoras con variación de velocidad para poder eliminar LGS's y no material densificante. Previo a perforar la sección de 8 3/8 pulgadas se recomienda solicitar los datos petrofísicos del campo para poder realizar un diseño de puenteo acorde a la real necesidad.

- Es crucial analizar las causas del tiempo no productivo (3.2 días) para identificar posibles áreas de mejora y optimizar las operaciones futuras. Se debe investigar la razón por la cual no se ha registrado avance en la sección de 8-3/8". Podría haber problemas técnicos, geológicos o de planificación que requieran atención inmediata. Dada la falta de avance en la sección correspondiente, se debe monitorear de cerca la planificación e instalación del revestidor de 8-3/8" para evitar mayores retrasos. Considerar una revisión del plan de perforación en las secciones restantes, tomando en cuenta el rendimiento real hasta la fecha, para realizar ajustes que permitan cumplir con los objetivos de tiempo y profundidad.

Implementar estrategias para aumentar el tiempo productivo y reducir el tiempo no productivo en las siguientes etapas de la perforación. Mantener un monitoreo continuo del progreso de la perforación, comparando el avance real con el planificado, para identificar desviaciones tempranas y tomar acciones correctivas de manera oportuna.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Baby, P., Rivadenerira, M., & Barragán, R. (2004). *La Cuenca Oriente: Geología y Petróleo* (Vol. 1). https://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins_textes/doc34-08/010036207.pdf
- Barrera, C. (2017). *Barrenas Para la Perforación de Pozos Petroleros*. Slideshare. <https://es.slideshare.net/slideshow/barrenas-para-la-perforacin-de-pozos-petroleros/73566492>
- Briones, C., & León, R. (2015). *Estudio de la eficiencia de las brocas usadas en las operaciones de perforación en la formación tiyuyacu, en pozos del campo Sacha*. [EPN]. <https://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/10918?mode=full>
- Cruz Pintado, L. (2006). *Análisis económico Pozos petrolíferos-equipos Brocas de perforación Campo Sacha* [ESPOL]. <https://www.dspace.espol.edu.ec/handle/123456789/44401?locale=es>
- Energy Glossary. (n.d.). *BHA*. Energy Glossary. Retrieved June 6, 2025, from <https://glossary.slb.com/es/terms/b/bha>
- González, A., Jara, M., Ramirez, L., & Malavé, K. (2009). *Diseño del Programa de Brocas Requerido para Perforar el Pozo Direccional XD*. <https://www.studocu.com/bo/document/universidad-de-aquino-bolivia/perforacion-ii/disenio-del-programa-de-brocas/51440179>
- González, A., Nava, S., Ustarroz, M., & García, M. (2018). *Niveles de organización biológica*. UAPA.
- González, G. (2012, January 24). *Funciones y tipos de revestimientos*. Scribd. <https://www.scribd.com/document/79155620/Funciones-y-Tipos-de-Revest>
- Gualteros, D. (2016). *Brocas de perforación*. Slideshare. <https://es.slideshare.net/slideshow/brocas-de-perforacion/56791932>

- Holguin, A. (2021). *Tipos de brocas y diseño*.
<https://es.scribd.com/document/531503654/tipos-de-brocas>
- López, R. (2012). *Estudio de desempeño y rendimiento de brocas de perforación en el campo Shushufindi para optimizar tiempos de perforación mediante la aplicación de la base de datos Phoenix de Halliburton*.
- Mendoza, E. (2022). *Estudio del rendimiento de las nuevas brocas PDC para la sección de 12 ¼" en la perforación de pozos del campo X*.
<https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/22853/1/CD%2012315.pdf>
- Oscar Fabian. (2021). *Tipos de brocas usadas en perforación*. Scribd.
<https://es.scribd.com/presentation/122602161/expo-TIPOS-DE-BROCAS-USADAS-EN-PERFORACION>
- Quiñonez, C. (2019.). *Campo Sacha: Bloque 60*. Scribd. Retrieved May 11, 2025, from
<https://es.scribd.com/presentation/630297812/Campo-Sacha>
- Ramírez, D. (2014). "ESTUDIO DE OPTIMIZACIÓN DE PRÁCTICAS OPERACIONALES EN LA PERFORACIÓN DE POZOS DEL ORIENTE ECUATORIANO PARA LA REDUCCIÓN DE TIEMPO NO PRODUCTIVO Y DE TIEMPO INVISIBLE ILT."
- Ramos, J. L. (2011). *Estado del arte de brocas de perforación*.
<https://repository.uamerica.edu.co/server/api/core/bitstreams/af800075-e66d-4555-80ba-4de77c623731/content>
- Rivadeneira, M., & Baby, P. (1998). *Características geológicas generales de los principales campos petroleros de petroproducción*.
- Salas Ocampo, D. (2008). *Investigación bibliográfica*. Investigalia.
<https://investigaliacr.com/investigacion/investigacion-bibliografica/>
- Tang Guo, Q. (2017). *Broca*. Wikipedia. [https://en-m-wikipedia-org.translate.goog/wiki/Drill_bit_\(well\)?_x_tr_sl=en&_x_tr_tl=es&_x_tr_hl=es&_x_tr_pto=tc](https://en-m-wikipedia-org.translate.goog/wiki/Drill_bit_(well)?_x_tr_sl=en&_x_tr_tl=es&_x_tr_hl=es&_x_tr_pto=tc)

Torres, A. (n.d.). *Campo Sacha*. Scribd. Retrieved May 11, 2025, from <https://es.scribd.com/doc/135612892/Campo-Sacha>

Vaca Moreira, G. (2016). *Diseño del programa de brocas utilizado para perforar el pozo direccional x en el Oriente Ecuatoriano* [UTE]. <https://repositorio.ute.edu.ec/server/api/core/bitstreams/94f4c8fe-b844-47d1-9d11-00c5e615af21/content>

VIAJES DE TUBERÍA DE PERFORACION Y CORRIDA DE CASING

INTERVALO DE 26 PULG.

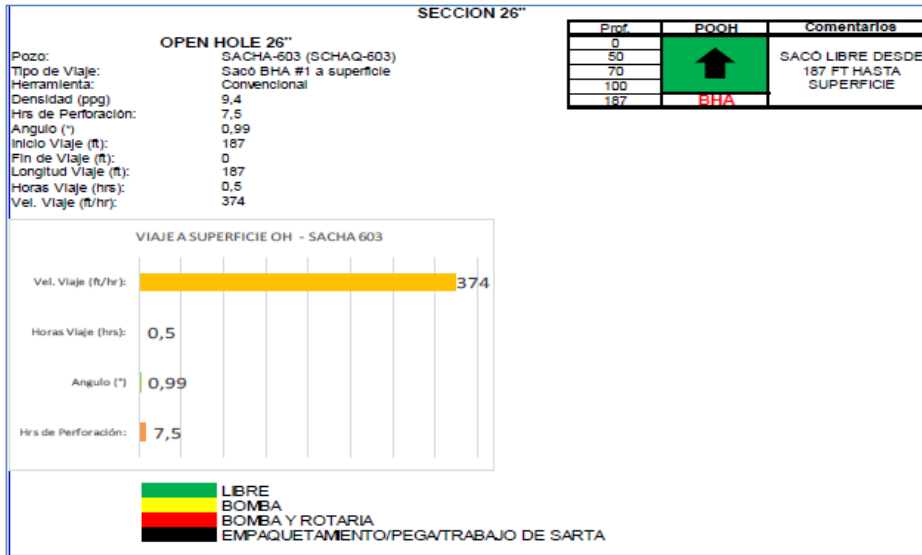


Figura. - 18. Viaje de tubería - intervalo 26"- Fuente Petroecuador

INTERVALO DE 16 PULG.

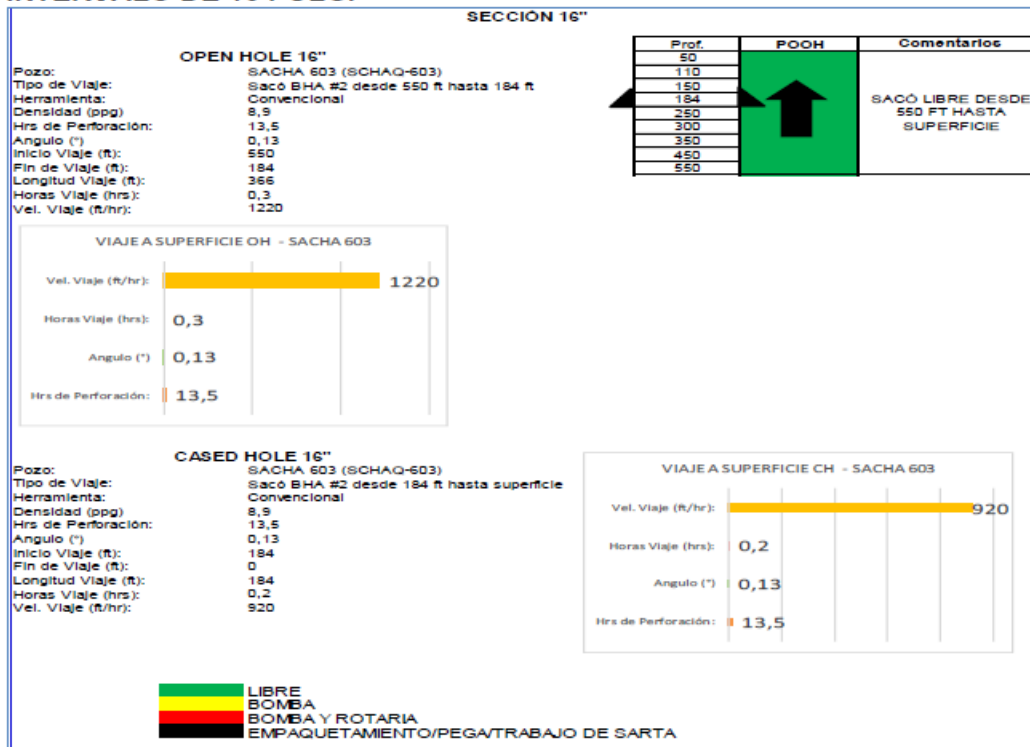


Figura. - 19. Viaje de tubería – intervalo 16"- Fuente Petroecuador

INTERVALO DE 12 1/4 PULG.

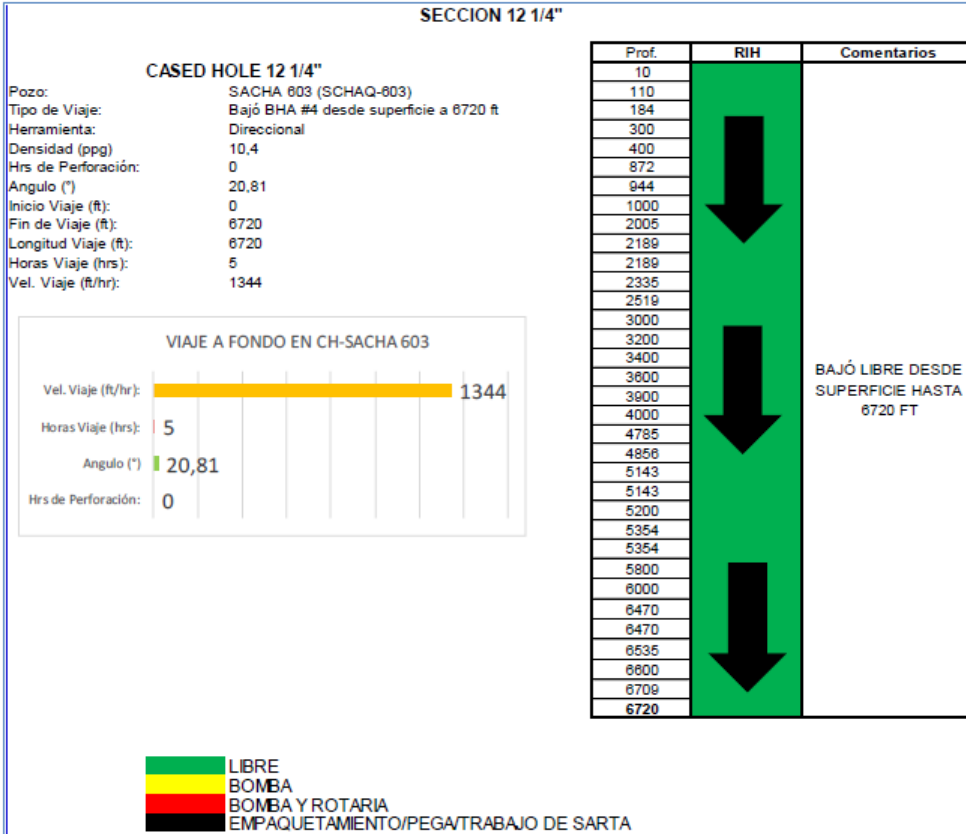


Figura. - 20. Viaje de tubería - intervalo 12 1/4'' - Fuente Petroecuador

INTERVALO DE 8 3/8 PULG.

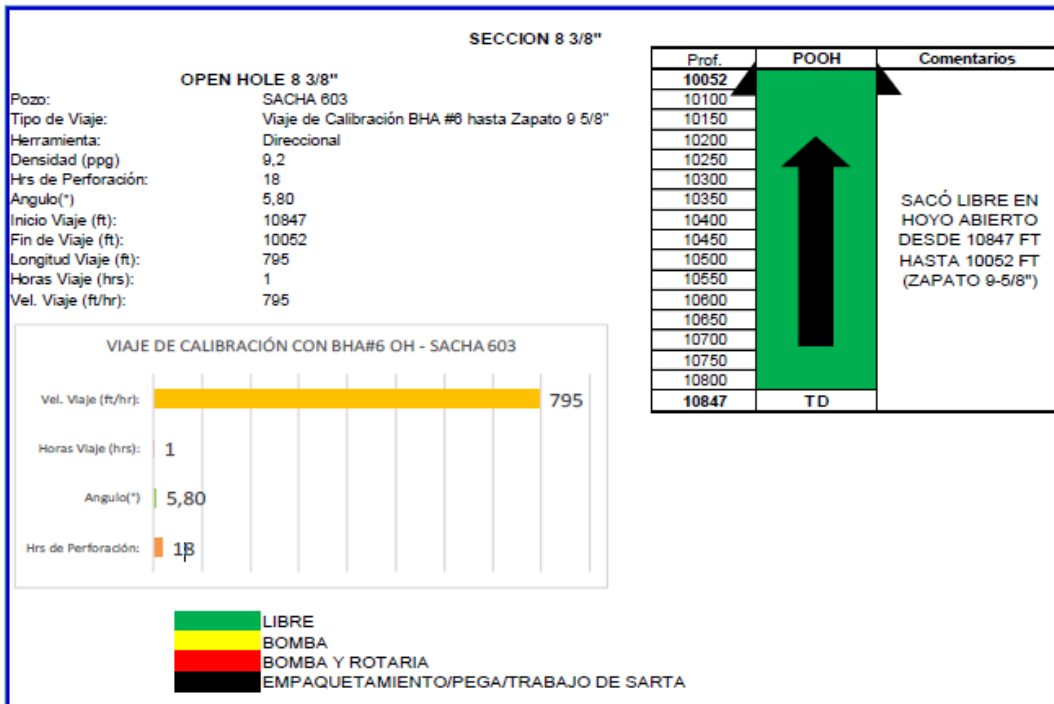


Figura. - 21. Viaje de tubería - intervalo 8 3/8'' - Fuente Petroecuador

REPORTES DIARIOS DE PÍLDORAS DE LIMPIEZA
SECCIÓN DE 26 PULG

POZO:	SACHA-603 (SCHAQ-603)			SECCIÓN:		26"		
HORA	PROF MD	VOL	DENSIDAD	FV	TIPO	MATERIALES	OBSERVACIÓN DE RETORNOS	FECHA
9:05	127	60	8,8	120	Viscosa con LCM	Agua+S-Gum+S-Seal+S-Stop+CaCO3	5% de incremento de cortes	2/8/2024
15:08	187	80	9,2	120	Viscosa con LCM	Lodo+S-Gum+S-Seal+S-Stop+CaCO3	5% de incremento de cortes	2/8/2024
17:40	187	80	9,4	120	Viscosa con LCM	Lodo+S-Gum+S-Seal+S-Stop+CaCO3	5% de incremento de cortes	2/8/2024
18:40	187	100	9,4	120	Viscosa	Lodo+S-Gum+CaCO3+Asfalto	Esputea en hoyo abierto	2/8/2024

SECCIÓN DE 16 PULG

POZO:	SACHA-603 (SCHAQ-603)			SECCIÓN:		16"		
HORA	PROF MD	VOL	DENSIDAD	FV	TIPO	MATERIALES	OBSERVACIÓN DE RETORNOS	FECHA
15:15	280	60	8,8	120	Viscosa con LCM	Lodo+S-Gum+Bentonita+CaCO3+S-Seal+Q-Stop	5% incremento de cortes	3/8/2024
17:40	345	40	8,8	120	Viscosa con LCM	Lodo+S-Gum+Bentonita+CaCO3+S-Seal+Q-Stop	5% incremento de cortes	3/8/2024
20:05	376	60	8,9	120	Viscosa con LCM	Lodo+S-Gum+Bentonita+CaCO3+S-Seal+Q-Stop	5% incremento de cortes	3/8/2024
23:11	460	60	8,9	120	Viscosa con LCM	Lodo+S-Gum+Bentonita+CaCO3+S-Seal+Q-Stop	5% incremento de cortes	3/8/2024
1:55	550	60	8,9	120	Viscosa con LCM	Lodo+S-Gum+Bentonita+CaCO3+S-Seal+Q-Stop	5% incremento de cortes	3/8/2024
10:30	620	60	8,4	27	Dispersa	Agua + Nitrato de Calcio	Limpieza de BHA	4/8/2024
11:38	720	60	8,4	27	Dispersa	Agua + Nitrato de Calcio	Limpieza de BHA	4/8/2024
12:10	803	60	8,9	120	Viscosa	Lodo+S-Gum	5% incremento de cortes	4/8/2024
13:45	834	60	8,4	27	Dispersa	Agua + Nitrato de Calcio	Limpieza de BHA	4/8/2024
14:56	931	60	8,4	27	Dispersa	Agua + Nitrato de Calcio	Limpieza de BHA	4/8/2024
16:42	1049	60	8,4	27	Dispersa	Agua + Nitrato de Calcio	Limpieza de BHA	4/8/2024
16:47	1069	60	8,9	120	Viscosa	Lodo+S-Gum	5% incremento de cortes	4/8/2024
17:30	1142	60	8,4	27	Dispersa	Agua + Nitrato de Calcio	Limpieza de BHA	4/8/2024
18:44	1156	60	8,4	27	Dispersa	Agua + Nitrato de Calcio	Limpieza de BHA	4/8/2024
19:10	1340	60	8,9	120	Viscosa	Lodo+S-Gum	5% incremento de cortes	4/8/2024
21:12	1362	60	8,4	27	Dispersa	Agua + Nitrato de Calcio	Limpieza de BHA	4/8/2024
22:07	1465	60	8,4	27	Dispersa	Agua + Nitrato de Calcio	Limpieza de BHA	4/8/2024
23:02	1555	60	8,9	120	Viscosa	Lodo+S-Gum	5% incremento de cortes	4/8/2024
23:25	1560	60	8,9	120	Viscosa	Lodo+S-Gum	5% incremento de cortes	4/8/2024
23:30	1654	60	8,4	27	Dispersa	Agua + Nitrato de Calcio	Limpieza de BHA	4/8/2024
1:43	1840	60	9,1	120	Viscosa	Lodo+S-Gum	5% incremento de cortes	5/8/2024
3:37	2055	60	8,4	27	Dispersa	Agua + Nitrato de Calcio	Limpieza de BHA	5/8/2024
6:12	2317	60	8,4	27	Dispersa	Agua + Nitrato de Calcio	Limpieza de BHA	5/8/2024
6:50	2390	60	8,4	27	Dispersa	Agua + Nitrato de Calcio	Limpieza de BHA	5/8/2024
6:53	2415	60	9,3	120	Viscosa	Lodo+S-Gum	5% incremento de cortes	5/8/2024

7:30	2483	60	8,4	27	Dispersa	Agua + Nitrato de Calcio	Limpieza de BHA	5/8/2024
8:12	2578	60	8,4	27	Dispersa	Agua + Nitrato de Calcio	Limpieza de BHA	5/8/2024
8:15	2585	60	9,3	120	Viscosa	Lodo+S-Gum	5% incremento de cortes	5/8/2024
8:50	2674	60	8,4	27	Dispersa	Agua + Nitrato de Calcio	Limpieza de BHA	5/8/2024
9:33	2744	60	8,4	27	Dispersa	Agua + Nitrato de Calcio	Limpieza de BHA	5/8/2024
10:12	2862	60	8,4	27	Dispersa	Agua + Nitrato de Calcio	Limpieza de BHA	5/8/2024
10:15	2870	60	9,5	120	Viscosa	Lodo+S-Gum	5% incremento de cortes	5/8/2024
11:27	2983	60	8,4	27	Dispersa	Agua + Nitrato de Calcio	Limpieza de BHA	5/8/2024
12:18	3653	60	8,4	27	Dispersa	Agua + Nitrato de Calcio	Limpieza de BHA	5/8/2024
12:25	3060	60	9,5	120	Viscosa	Lodo+S-Gum	5% incremento de cortes	5/8/2024
13:02	3152	60	8,4	27	Dispersa	Agua + Nitrato de Calcio	Limpieza de BHA	5/8/2024
14:30	3268	60	8,4	27	Dispersa	Agua + Nitrato de Calcio	Limpieza de BHA	5/8/2024
15:12	3344	60	8,4	27	Dispersa	Agua + Nitrato de Calcio	Limpieza de BHA	5/8/2024
15:15	3350	60	9,6	120	Viscosa	Lodo+S-Gum	5% incremento de cortes	5/8/2024
16:16	3530	60	8,4	27	Dispersa	Agua + Nitrato de Calcio	Limpieza de BHA	5/8/2024
16:21	3530	80	11	140	Viscosa Pesada	Lodo+S-Gum+Barita	10% incremento de cortes	5/8/2024
18:08	3625	60	8,4	27	Dispersa	Agua + Nitrato de Calcio	Limpieza de BHA	5/8/2024
21:14	4030	60	9,7	120	Viscosa	Lodo+S-Gum	5% incremento de cortes	5/8/2024
21:55	4114	60	8,4	27	Dispersa	Agua + Nitrato de Calcio	Limpieza de BHA	5/8/2024
22:37	4214	60	8,4	27	Dispersa	Agua + Nitrato de Calcio	Limpieza de BHA	5/8/2024
23:26	4506	60	9,7	120	Viscosa	Lodo+S-Gum	5% incremento de cortes	5/8/2024
0:12	4390	60	8,4	27	Dispersa	Agua + Nitrato de Calcio	Limpieza de BHA	6/8/2024
1:01	4490	60	8,4	27	Dispersa	Agua + Nitrato de Calcio	Limpieza de BHA	6/8/2024
1:48	4591	60	9,8	120	Viscosa	Lodo+S-Gum	5% incremento de cortes	6/8/2024
4:05	4910	60	8,4	27	Dispersa	Agua + Nitrato de Calcio	Limpieza de BHA	6/8/2024
6:21	5050	60	8,4	27	Dispersa	Agua + Nitrato de Calcio	Limpieza de BHA	6/8/2024
7:06	5241	60	8,4	27	Dispersa	Agua + Nitrato de Calcio	Limpieza de BHA	6/8/2024
10:05	5335	60	8,4	27	Dispersa	Agua + Nitrato de Calcio	Limpieza de BHA	6/8/2024
12:30	5529	100	8,4	27	Dispersa	Agua + Walnut	Limpieza de BHA	6/8/2024
12:34	5529	100	11,5	140	Viscosa Pesada	Lodo+S-Gum+Barita	15% incremento de cortes	6/8/2024
17:40	5719	60	10,1	120	Viscosa	Lodo+S-Gum+Asfalto+CaCO3	5% incremento de cortes	6/8/2024
21:44	6106	60	10,1	120	Viscosa	Lodo+S-Gum+Asfalto+CaCO3	5% incremento de cortes	6/8/2024
23:45	6292	60	10,1	120	Viscosa	Lodo+S-Gum+Asfalto+CaCO3	5% incremento de cortes	6/8/2024
4:57	6508	60	10,1	120	Viscosa	Lodo+S-Gum+Asfalto+CaCO3	5% incremento de cortes	7/8/2024
8:12	6760	100	11,5	140	Viscosa Pesada	Lodo+S-Gum+CaCO3+Asfalto+S-Tab	10% incremento de cortes	7/8/2024
13:41	6760	100	11,5	140	Viscosa Pesada	Lodo+S-Gum+CaCO3+Barita+Asfalto+S-Tab	10% incremento de cortes	7/8/2024
21:15	1996	100	8,4	27	Dispersa	Agua + Nitrato de Calcio+Walnut	Limpieza de BHA	7/8/2024
21:20	1996	100	10,4	120	Viscosa	Lodo+S-Gum+Asfalto	10% incremento de cortes	7/8/2024

Figura. - 22. Reportes diarios de píldoras de limpieza – Fuente Petroecuador

5.2 FUNNEL VISCOSITY sec/qt

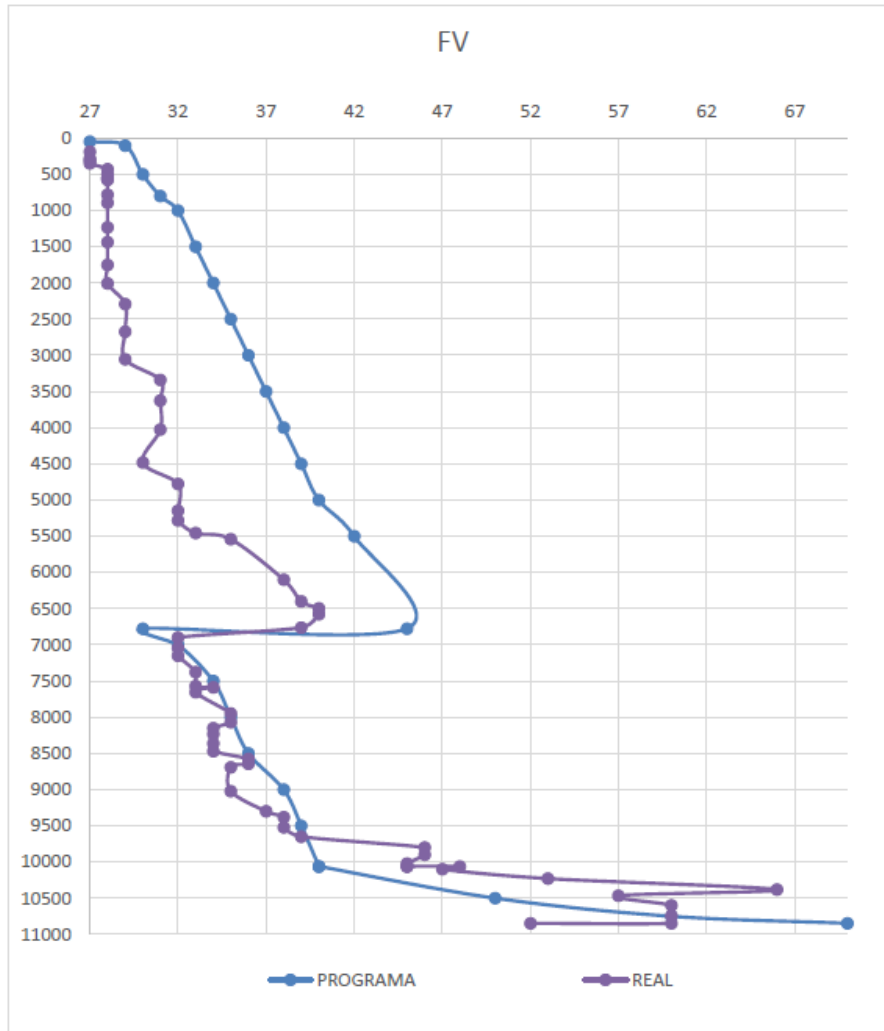


Figura. - 23. Curva de viscosidad – Fuente Petroecuador

5.3 PLASTIC VISCOSITY C_p

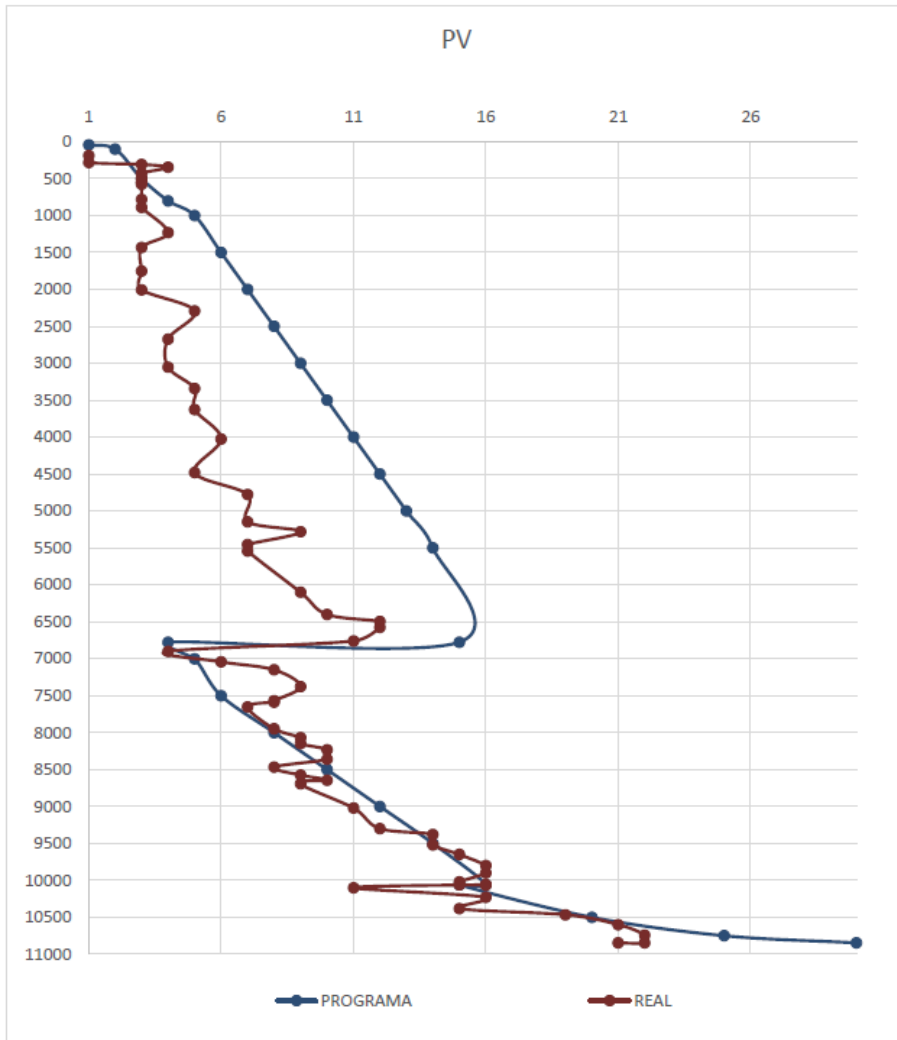


Figura. - 24. Curva de viscosidad plástica – Fuente Petroecuador

11. PUENTEO ARENAS

BridgePRO – Bridging Agent Size Selection

Date	25/07/2024	Formation	U INFERIOR
Operator	EP PETROECUADOR	Country	ECUADOR
Well name	SACHAQ-603	Job number	
Location	SACHA	Contractor	
Type of job	DESAROLLO	Prepared by	NEIRO RODRIGUEZ
Fluid type	DRIL IN		
Comments			

Mud properties	
Initial fluid density (ppg)	8,4
Bridging agent conc. (lb/bbl)	71,82
Final fluid density (ppg)	9,40

Blend		
Product	Vol. (%)	Conc. (lb/bbl)
Carbonato 100	69	49,56
Carbonato 200	31	22,26
Carbonato 325	0	0

Target vs. blend			
Average permeability (mD)			
	Target (µm)	Blend (µm)	Deviation (µm)
D10	1,451	2,699	1,248
D25	9,066	8,409	-0,657
D50	36,263	31,959	-4,304
D75	81,592	63,635	-17,957
D90	117,492	135,614	18,122

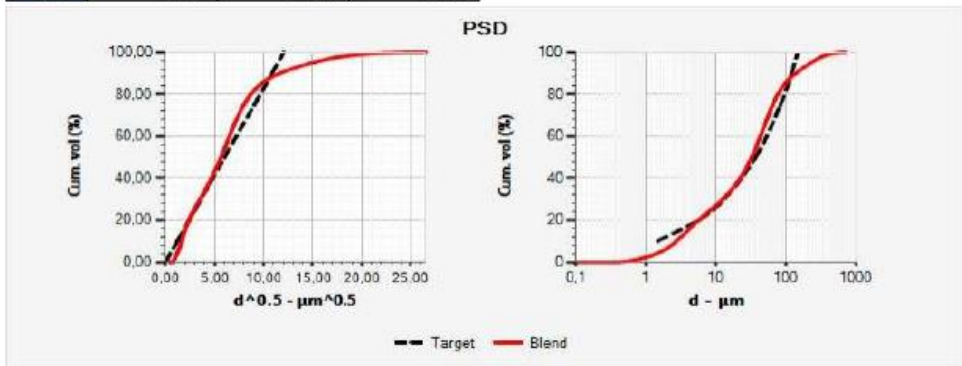
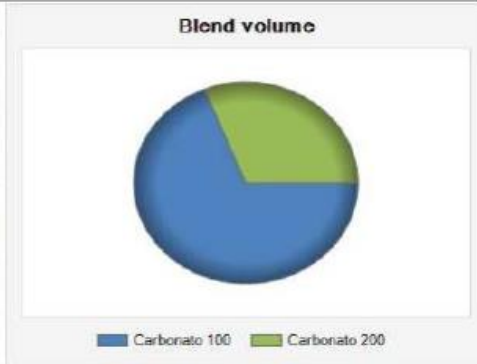


Figura. - 25. Puenteo Arenas – Fuente Petroecuador

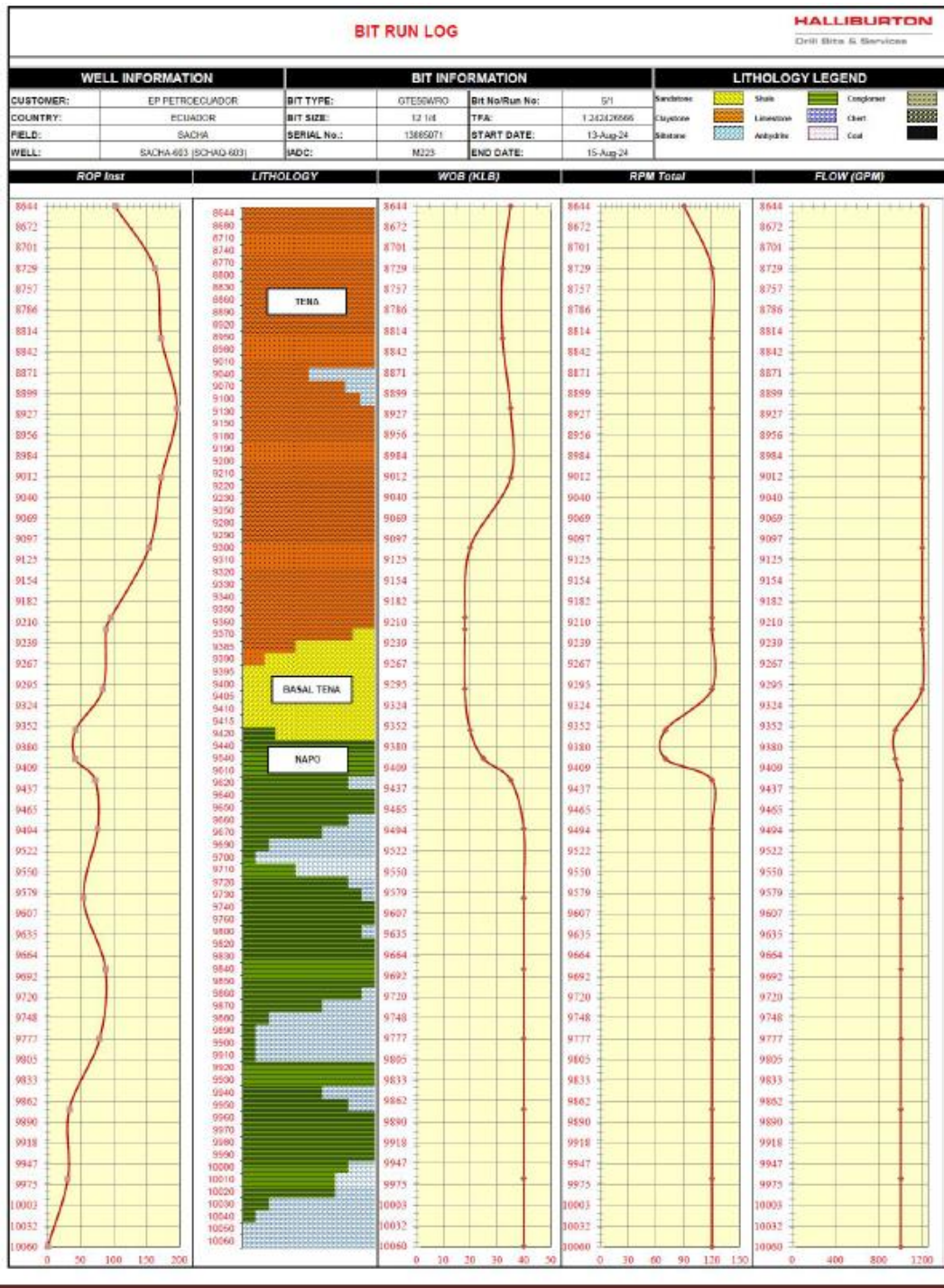


Figura. - 26. Bit Run Log. – Fuente Petroecuador

