

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

FACULTAD DE INGENIERÍA EN GEOLOGÍA Y PETRÓLEOS

ESTUDIO Y PROPUESTA DE PERFORACIÓN HORIZONTAL EN LA FORMACIÓN HOLLÍN DEL CAMPO SACHA

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

PAULINA SOLEDAD BARAHONA GÓMEZ

sole_barahona@hotmail.com

SEBASTIÁN ALEJANDRO GARNICA MOYA

sebasgm_08@hotmail.com

DIRECTOR: ING. JORGE DUEÑAS

jduenasm@andinanet.net

CO- DIRECTOR: ING. FREDDY ROBALINO

frobalinol@yahoo.es

Quito, Septiembre 2009

DECLARACIÓN

Nosotros, Paulina Soledad Barahona Gómez y Sebastián Alejandro Garnica Moya, declaramos bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de nuestra autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que hemos consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

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



.....
SOLEDAD BARAHONA
Estudiante



.....
SEBASTIÁN GARNICA
Estudiante

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Paulina Soledad Barahona Gómez y Sebastián Alejandro Garnica Moya, bajo mi supervisión.



.....
ING. JORGE DUEÑAS
Director del Proyecto



.....
ING. FREDDY ROBALINO
Co – Director del Proyecto

DEDICATORIA

A *Dios* por ser quien ha estado a mi lado en todo momento dándome las fuerzas necesarias para continuar luchando día tras día y seguir adelante rompiendo todas las barreras que se me presenten. Por darme ánimo, fortaleza, salud y coraje, y no dejarme sola en los momentos difíciles. Por haberme permitido llegar a la meta en el camino de la superación profesional.

A mi *Madre Dolorosa* quien ha permitido que la sabiduría dirija y guíe mis pasos, quien ha iluminado mi sendero cuando más oscuro ha estado, la que me ha dado fortaleza para continuar cuando a punto de caer he estado.

A mis padres, *Galo y Mary* quienes han sabido formarme con buenos sentimientos, valores y virtudes, lo cual me ha ayudado a salir adelante buscando siempre el mejor camino. A ti mamá, por tu entrega incondicional, a ti te debo gran parte de lo que soy.

A mi hermano *David*, por su apoyo moral y por ser parte de mi vida como ejemplo de superación y dedicación constante. Gracias por estar ahí cuando más te necesité.

A mi abuelito *Luis Enrique*, que está en alguna parte cerca de Dios y que ha estado conmigo todo el tiempo, y a pesar de su ausencia su recuerdo estará presente en mi corazón por siempre.

A *tí* por ser mi presente.

A mis tías y tíos, a mis primos y demás familiares quienes han sido parte de mi vida estudiantil. Gracias por su apoyo incondicional.

A todos ustedes mi gratitud, mi cariño y mi afecto.

Soledad

DEDICATORIA

A mi madre Tania, la persona más importante en mi vida, por ser un ejemplo de superación, lucha y amor; por enseñarme que en la vida todo esfuerzo tiene una valiosa recompensa y que después de cada meta alcanzada, debo proponerme una más y, por educarme con valiosos principios que hacen de mí una mejor persona .

A mi padre Fernando, por brindarme sabios consejos que me ayudarán a ser mejor persona y por ser un gran motivador para la consecución de mis metas.

A mis hermanos, Andrés, Esteban, Belén, César, y mi primo William por todo el apoyo, alegría y cariño compartido con ustedes, y por estar siempre conmigo en los buenos y malos momentos de mi vida.

Sebastián

AGRADECIMIENTOS

Al Ingeniero Jorge Dueñas, Director del Proyecto, eje fundamental en la realización del mismo.

Al Ingeniero Wilmer Chicaiza, **PERENCO**, por brindarnos su amistad y sus sabios consejos.

Al Ing. Mario Hernández (+) y a la Ing. Mónica Jara, **BRANDT** y **TUBOSCOPE**, ya que con su carácter y madurez fueron una guía en los inicios de mi carrera.

A la Compañía **SCHLUMBERGER**, por permitirme ser parte de su grupo de trabajo y compartir experiencias inolvidables para mi vida futura profesional.

A las Ingenieras Constancia Villalba y Carmen Minguano, **DNH** (Dirección Nacional de Hidrocarburos), por su colaboración y su apoyo incondicional.

A los Ingenieros Freddy Robalino, Jorge Velásquez, Susana Toapanta y demás Funcionarios de **PETROPRODUCCION**, por impartir sus conocimientos y ser parte de mi formación académica.

A mi mejor amigo Sebas, a los profesores y compañeros de la Escuela Politécnica Nacional y a todos quienes fueron parte de esta etapa de mi vida.

***MIS AGRADECIMIENTOS
SINCEROS.***

SOLEDAD

AGRADECIMIENTOS

Al Ing. Jorge Dueñas, por su valiosa colaboración y sus enseñanzas que han sido indispensables para la realización de este proyecto.

Al Ing. Freddy Robalino, por la confianza brindada en el proyecto y por sus importantes consejos para una mejor realización del mismo.

Al Ing. Wilmer Chicaiza, por su importante ayuda sin ningún tipo de interés, que han ayudado a mejorar el presente proyecto.

A Sole, mi compañera y amiga, quien ha estado conmigo cuando he necesitado un consejo, en las buenas y malas.

A los profesores de la Facultad de Ingeniería en Geología y Petróleos de la Escuela Politécnica Nacional.

A mis grandes amigos "JUDAS", por compartir conmigo momentos de alegría y tristeza, en clases o fuera, que quedarán para siempre en mi mente.

A mis familiares, amigos, y todas las personas que han colaborado de una u otra manera para lograr cumplir esta meta.

Sebastián

CONTENIDO

DECLARACIÓN	II
CERTIFICACIÓN	III
DEDICATORIA	IV
AGRADECIMIENTOS	V
CONTENIDO	VI
RESUMEN	XIV

CAPÍTULO I

ANÁLISIS GENERAL DE POZOS HORIZONTALES PERFORADOS EN ECUADOR	1
1.1 INTRODUCCIÓN	1
1.2 COMPAÑÍA: ANDES PETROLEUM	3
1.2.1 SECCIÓN CONDUCTORA DE 26"	3
1.2.2 SECCIÓN SUPERFICIAL DE 17 ½"	3
1.2.3 SECCIÓN INTERMEDIA DE 12 ¼"	4
1.2.4 SECCIÓN DE LINER INTERMEDIO 8 ½"	4
1.2.5 SECCIÓN PRODUCTORA DE 6 ¼"	5
1.2.6 ESTADO MECÁNICO DEL POZO	5
1.2.7 COMPLETACIÓN Y PRUEBA ESTABILIZADA DE PRODUCCIÓN	6
1.3 COMPAÑÍA: REPSOL YPF	7
1.3.1 SECCIÓN CONDUCTORA	7
1.3.2 SECCIÓN SUPERFICIAL 16"	7
1.3.3 SECCIÓN INTERMEDIA 12 ¼"	7
1.3.4 SECCIÓN DE LINER INTERMEDIO 8 ½"	8
1.3.5 SECCIÓN PRODUCTORA 6 1/8"	8
1.3.5 ESTADO MECÁNICO DEL POZO	9
1.3.6 COMPLETACIÓN Y PRUEBA ESTABILIZADA DE PRODUCCIÓN	9
1.4 COMPAÑÍA: AGIP OIL	10

1.4.1 SECCIÓN CONDUCTORA 26”	10
1.4.2 SECCIÓN SUPERFICIAL 16”	10
1.4.3 SECCIÓN INTERMEDIA 12 ¼”	11
1.4.4 SECCIÓN DE LINER INTERMEDIO 8 ½”	11
1.4.5 SECCIÓN PRODUCTORA 6 1/8”	12
1.4.6 ESTADO MECÁNICO DEL POZO	12
1.4.7 COMPLETACIÓN Y PRUEBA ESTABILIZADA DE PRODUCCIÓN	12
1.5 COMPAÑÍA: PERENCO	14
1.5.1 SECCIÓN CONDUCTORA 26”	14
1.5.2 SECCIÓN SUPERFICIAL 17 ½”	14
1.5.3 SECCIÓN INTERMEDIA 12 ¼”	15
1.5.4 SECCIÓN DE LINER INTERMEDIO 8 ½”	15
1.5.5 SECCIÓN PRODUCTORA DE 6 1/8”	16
1.5.6 ESTADO MECÁNICO DEL POZO	16
1.5.7 COMPLETACIÓN Y PRUEBA ESTABILIZADA DE PRODUCCIÓN	16

CAPÍTULO II

ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN DE POZOS HORIZONTALES PERFORADOS EN EL CAMPO SACHA	18
2.1 INTRODUCCIÓN	18
2.2 GENERALIDADES DEL CAMPO SACHA	20
2.2.1 BREVE RESEÑA HISTÓRICA DEL CAMPO SACHA	20
2.2.2. UBICACIÓN Y DESCRIPCIÓN DEL CAMPO SACHA	20
2.2.3 COLUMNA ESTRATIGRÁFICA GENERALIZADA DE LA CUENCA ORIENTE	22
2.2.4 LITOLOGÍA DEL CAMPO SACHA EN LA FORMACIÓN HOLLÍN	24
2.2.5 CARACTERÍSTICAS DEL CRUDO DE LA FORMACIÓN HOLLÍN	25
2.3 SUMARIOS POR SECCIONES DE LOS POZOS	27
2.4 PRINCIPALES PROBLEMAS PRESENTADOS EN LA PERFORACIÓN DE POZOS HORIZONTALES DEL CAMPO SACHA	76
2.5 COMPORTAMIENTO DEL FLUIDO DE PERFORACIÓN	79

CAPÍTULO III

DISEÑO DEL POZO PROPUESTO	80
3.1 INTRODUCCIÓN	80
3.2 DISEÑO DEL POZO.....	80
3.2.1 SECCIÓN CONDUCTORA.....	80
3.2.2 SECCION SUPERFICIAL.....	82
3.2.3 SECCIÓN INTERMEDIA.....	82
3.2.4 SECCIÓN PRODUCCIÓN	83
3.2.5 SECCIÓN LATERAL	84

CAPÍTULO IV

PROGRAMA DEL POZO	85
4.1 INTRODUCCIÓN	85
4.2 INFORMACIÓN GENERAL.....	85
4.3 PROGRAMA GEOLÓGICO.....	86
4.3.1 PROGNOSIS GEOLÓGICA.....	86
4.3.2 RIESGOS POTENCIALES.....	86
4.3.3 PROGRAMA DE REGISTRO DE LODOS (MUD LOGGING)	87
4.4 PROCEDIMIENTO DE PERFORACIÓN.....	89
4.5 PROGRAMA DE LODOS.....	90
4.6 PROGRAMA DE CASING Y CEMENTACIÓN.....	93
4.6.1 SECCION CONDUCTORA.....	93
4.6.2 SECCIÓN SUPERFICIAL	93
4.6.3 SECCIÓN INTERMEDIA	93
4.6.4 SECCIÓN INTERMEDIA PRODUCTORA.....	94
4.6.5 SECCIÓN PRODUCTORA.....	94
4.7 PROGRAMA DE BROCAS E HIDRÁULICO	94

CAPÍTULO V

ANÁLISIS TÉCNICO ECONÓMICO.....	96
5.1 INTRODUCCIÓN.....	96
5.2 ANÁLISIS TÉCNICO.....	96
5.3 ANÁLISIS ECONÓMICO.....	102
5.3.1 COSTO DE PERFORACIÓN.....	102
5.3.2 COSTO DE COMPLETACIÓN.....	106

CAPITULO VI

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	108
6.1 CONCLUSIONES.....	108
6.2 RECOMENDACIONES.....	112
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	114
GLOSARIO.....	116
ANEXOS.....	122

ÍNDICE DE TABLAS

Nº		Pág
1.1	Pruebas de producción estabilizadas de la Compañía Andes Petroleum	6
1.2	Pruebas de producción estabilizadas de la Compañía Repsol YPF	9
1.3	Pruebas de producción estabilizadas de la Compañía AGIP OIL	13
1.4	Pruebas de producción estabilizadas de la Compañía Perenco	17
2.1	Producción del campo Sacha	22
2.2	Estado de pozos del Campo Sacha	26
2.3	Síntesis estratigráfica y sedimentológica del Ecuador	88
4.1	Prognosis geológica del Pozo Sacha Propuesto Horizontal	91
4.2	Sistema de lodos de perforación Pozo Sacha Propuesto Horizontal	91
4.3	Aditivos Sección Intermedia	92
4.4	Aditivos Sección Intermedia Productora	103
4.5	Aditivos Sección productora	104
5.1	Costo de perforación del Pozo Sacha 171Hz	105
5.2	Costo de perforación del Pozo Sacha Propuesto Horizontal	
5.3	Costo de completación del pozo Sacha Propuesto Horizontal	

ÍNDICE DE FIGURAS

Nº		Pág
1.1	Mapa de bloques petroleros del Ecuador	2
2.1	Ubicación geográfica del Campo Sacha	21
2.2	Columna Estratigráfica del Ecuador	23
5.1	Tiempos productivos y no productivos Sección de 26"	97
5.2	Tiempos productivos y no productivos Sección de 17 1/2"	98
5.3	Tiempos productivos y no productivos Sección de 12 1/4"	99
5.4	Tiempos productivos y no productivos Sección de 8 1/2"	100
5.5	Tiempos productivos y no productivos Sección de 6 1/8"	101
5.6	Curva tiempo vs Profundidad y Tiempo vs costo del pozo Sacha Propuesto Horizontal	107

ÍNDICE DE ANEXOS

Nº		Pág
1.1	Estado mecánico de secciones de la Compañía Andes Petroleum	124
1.2	Diagrama de completación de la Compañía Andes Petroleum	125
1.3	Estado mecánico de secciones de la Compañía Repsol YPF	126
1.4	Diagrama de completación de la Compañía Repsol YPF	127
1.5	Estado mecánico de secciones de la Compañía AGIP OIL	128
1.6	Diagrama de completación de la Compañía AGIP OIL	129
1.7	Estado mecánico de secciones de la Compañía PERENCO	130
1.8	Diagrama de completación de la Compañía Andes PERENCO	131
2.1	Diagrama Profundidad vs Propiedades del lodo Pozo Sacha 171H	132
2.2	Diagrama Profundidad vs Propiedades del lodo Pozo Sacha 175H	133
2.3	Diagrama Profundidad vs Propiedades del lodo Pozo Sacha 168H	134
2.4	Diagrama Profundidad vs Propiedades del lodo Pozo Sacha 221H	135
4.1	Ubicación geográfica del pozo Sacha Propuesto Horizontal	136
4.2	Mapa estructural de la Formación Hollín Principal	137
5.1	Tiempo operacional Pozo Sacha Propuesto Horizontal	138

SIMBOLOGÍA

SÍMBOLO	SIGNIFICADO	DIMENSIONES
m	Metros	L
°API	Grados API	
Lbs/gal	Libras por galón	M/V
psi	Libras fuerza por pulgada cuadrada	M/Lt ²
VP	Viscosidad plástica	
YP	Punto Cedente	
LPB	Libras por barril	m/V
ft	Feet (pies)	L
MBT	Methyl Blue Test (Prueba de azul de metileno)	
RPM	Revoluciones por minuto	
''	Pulgadas	
'	Pies	
BFPD	Barriles de fluido por día	
BPPD	Barriles de petróleo por día	
BAPD	Barriles de agua por día	
MD	Measure Depth (profundidad medida)	
TVD	True Vertical Depth (profundidad vertical verdadera)	

RESUMEN

La perforación de pozos horizontales es un tema que ha ganado atención e interés entre las empresas operadoras de petróleo estatales y privadas en Ecuador y en otros países. Por estas razones y por pedido de funcionarios de PETROPRODUCCIÓN es que hemos optado por dirigir nuestro proyecto de titulación de Ingeniería en Petróleos hacia el tema “ESTUDIO Y PROPUESTA DE PERFORACIÓN HORIZONTAL EN LA FORMACIÓN HOLLÍN DEL CAMPO SACHA”.

El objetivo general de este trabajo es proponer un programa de perforación horizontal en la Arenisca Hollín Principal del Campo Sacha basado en el estudio y análisis de pozos vecinos perforados en dicho campo.

El Capítulo I presenta un resumen técnico de pozos horizontales perforados por cuatro compañías operadoras privadas que mantienen operaciones en Ecuador.

El Capítulo II tiene como objetivo presentar la información de pozos horizontales perforados en la formación Hollín Principal en el campo Sacha por secciones del pozo, estas secciones permitirán correlacionar las diversas situaciones operacionales ocurridas en los pozos de control (vecinos) considerados. De esta forma, el análisis de los pozos será más fácil y efectivo.

El capítulo III diseño del pozo corresponde a la aplicación del análisis resultante de la sección anterior. Este capítulo define el estado final del pozo.

El capítulo IV presenta el programa de perforación que permitirá alcanzar el diseño del pozo propuesto de manera segura y a un costo eficaz.

El capítulo V presenta un análisis técnico – económico que se basa en la optimización de variables de perforación para reducir o eliminar situaciones riesgosas durante la perforación de zonas típicamente problemáticas.

Finalmente, las conclusiones y recomendaciones como en todo trabajo de investigación constituyen el gran aporte del trabajo realizado.

CAPÍTULO I

ANÁLISIS GENERAL DE POZOS HORIZONTALES PERFORADOS EN ECUADOR

1.1 INTRODUCCIÓN

El objetivo de este capítulo es analizar de manera general algunos pozos horizontales perforados en Ecuador tomando como base cuatro compañías que mantienen sus operaciones en el país. Entre las compañías consideradas para realizar el estudio se tienen: Andes Petroleum, Repsol YPF, AGIP y Perenco. La figura 1.1 muestra la ubicación de los bloques donde se encuentran los pozos a ser analizados.

El estudio toma como referencia cuatro pozos de control por compañía. Estos serán analizados en función de la información disponible y sobre todo de los reportes diarios de perforación. Para mayor facilidad del manejo y organización de la información se trabajará por secciones de los pozos y los aspectos que tendrán mayor atención serán:

- Objetivo primario
- Problemas presentados durante la perforación y las acciones tomadas para resolverlos
- Resultados obtenidos de las acciones tomadas para resolver los problemas
- Alcance lateral de los pozos
- Estado mecánico final de los pozos
- Tratamientos de estimulación a las zonas de interés
- Completaciones de los pozos
- Pruebas de producción estabilizadas de los pozos

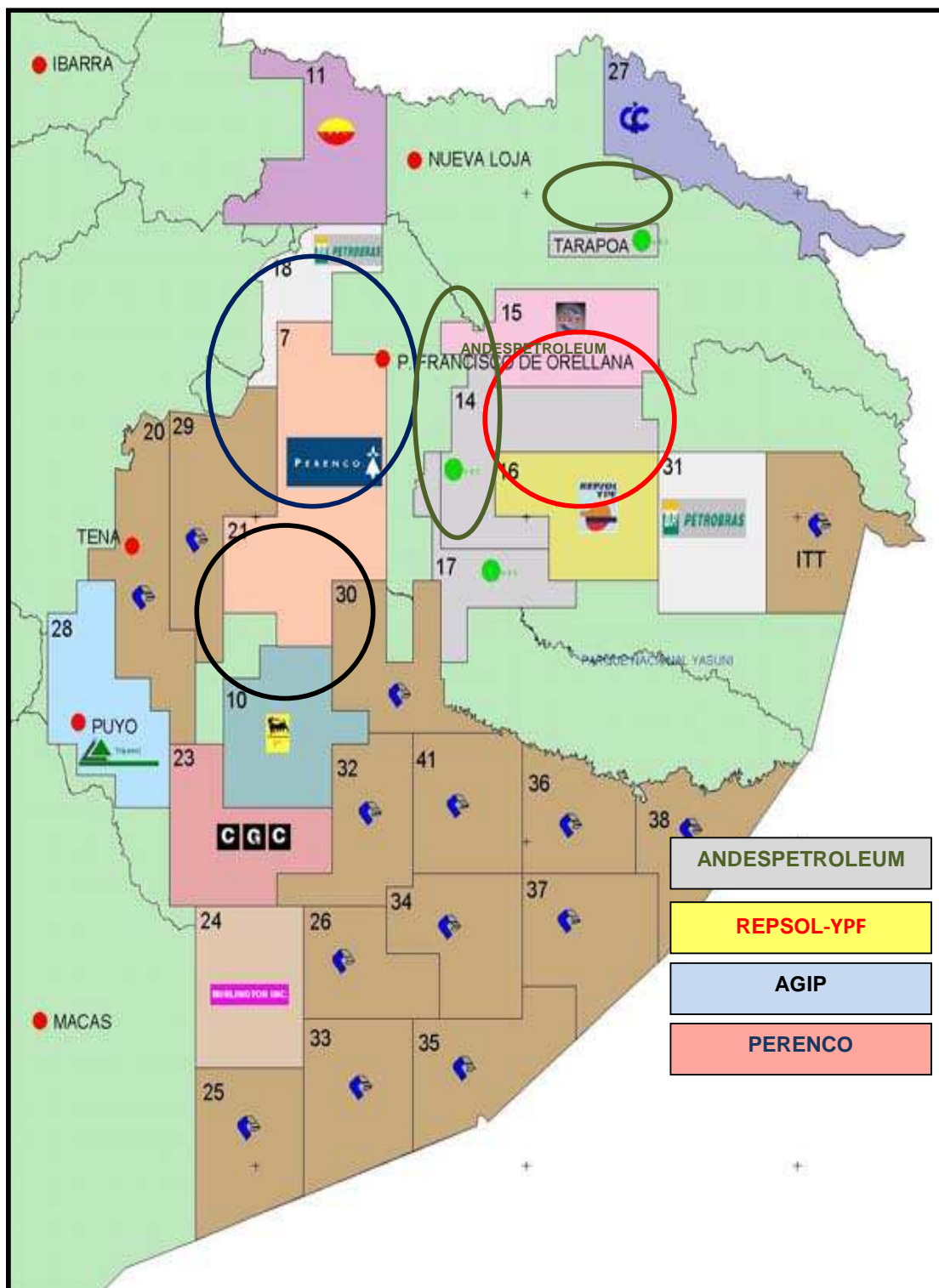


Figura 1.1: Mapa de bloques Petroleros de Ecuador

Fuente: <http://www.dinapa.org>

1.2 COMPAÑÍA: ANDES PETROLEUM

La compañía Andes Petroleum ejecuta sus operaciones en el campo Tarapoa en la provincia de Sucumbíos bloque 14, y bloque 17 en la provincia de Pastaza. Los cuatro pozos a ser analizados corresponden al Campo Tarapoa y Bloque 14 (Bloque Sur). Por pedido de la compañía operadora se usarán nombres referenciales.

Pozo: AP1-Hz

1.2.1 SECCIÓN CONDUCTORA DE 26’’

La sección conductora es perforada con broca de 26 pulgadas hasta una profundidad entre 100 y 300 pies. El lodo usado es en base a nitrato de calcio como inhibidor de arcillas. Generalmente, no existen problemas operacionales en esta sección. El casing conductor de 20 pulgadas es corrido y cementado sin mayores novedades.

1.2.2 SECCIÓN SUPERFICIAL DE 17 ½’’

La sección superficial es perforada con broca de 17 ½ pulgadas hasta una profundidad medida entre 4,800 y 6,500 pies que corresponde al tope de Orteguaza.

El BHA usa un motor convencional, el primer KOP está a una profundidad aproximada entre 400 y 600 pies. Un sistema lodo base agua llamado Supersweep es usado con peso entre 9.0 y 11.0 lbs/gl, este sistema posee propiedades para minimizar las pérdidas de filtrado. Un segundo KOP es construido a una profundidad medida entre 4,800 y 5,200 pies.

Entre los problemas más frecuentes que se presentan se tienen: pega de tubería, influjos de agua y pérdida de circulación.

La pega de tubería se presenta entre 4,900 y 5,200 pies de profundidad medida, lo cual es controlado con buena circulación y bombeo de píldoras viscosas. La pérdida de circulación e influjos de agua son controlados con material sellante e

incremento de peso y quedan definitivamente controlados con la corrida y cementación del casing superficial de 13 3/8 pulgadas durante la cual no existieron problemas operacionales.

1.2.3 SECCIÓN INTERMEDIA DE 12 1/4”

La sección intermedia es perforada con broca de 12 ¼ pulgadas hasta una profundidad medida entre 6,500 y 10,500 pies. Un sistema lodo base agua conocido como KLA STOP es usado con peso entre 10.5 y 12.0 lbs/gl, mediante el cual se controlan zonas de alta presión. La inclinación del pozo alcanza los 80° hasta la Arena “M1” de Napo. Entre los problemas más frecuentes que se presentan se tienen: hueco apretado, pega de tubería, derrumbes, influjos de agua y pérdida de circulación.

El hueco apretado se presenta por inestabilidad de la formación Tena a una profundidad medida entre 8,500 y 10,500 pies, este problema se ha controlado con buena circulación e incrementando el peso del lodo hasta 14.0 lbs/gl.

La pega de tubería se ha presentado en la caliza “A” durante viajes de limpieza a profundidad medida entre 9,800 y 10,000 pies, en estos casos se ha procedido a trabajar la tubería, algunas veces se liberó la sarta sobre el punto libre y se bajó un ensamblaje de pesca para su liberación. Generalmente, el problema ha sido solucionado pero en varias ocasiones fue necesario realizar sidetrack.

Los derrumbes, influjos de agua y pérdida de circulación son controlados con material sellante e incremento de peso y quedan definitivamente controlados con la corrida y cementada del casing intermedio de 9 5/8 pulgadas. Durante la corrida y cementación del casing no se presentaron problemas.

1.2.4 SECCIÓN DE LINER INTERMEDIO 8 ½”

La sección de liner intermedio es perforada con broca 8 ½ pulgadas hasta una profundidad medida entre 10,000 y 11,000 pies. Un sistema lodo base agua llamado DRILL IN es usado como sistema sellante para esta sección cuya formación tiene alta porosidad y alta permeabilidad, el peso de lodo varía entre 10.2 y 10.8 lbs/gl. En algunos pozos el aterrizaje es en la Arena “M1” y en otros

en la Arena "U Inferior". Entre los problemas más frecuentes que se presentan se tienen: empaquetamiento de tubería y zonas de influjos.

El empaquetamiento de la tubería se ha presentado durante viajes de limpieza a profundidad medida media de 10,800 pies. Generalmente el problema ha sido solucionado aumentando el peso del lodo y trabajando tubería para recuperar la tubería de perforación.

Las zonas de influjo son controladas con material sellante e incremento de peso y quedan definitivamente controlados con la corrida y cementada del liner intermedio de 7 pulgadas. En la corrida y cementación del liner no existen mayores problemas.

1.2.5 SECCIÓN PRODUCTORA DE 6 1/4"

La sección productora es perforada con broca de 6 ¼ pulgadas hasta alcanzar una profundidad medida entre 10,500 y 13,000 pies, con lo cual se alcanza una sección lateral que varía entre 500 y 2,000 pies con inclinación alrededor de 90°. Como se mencionó en la sección anterior, esta sección lateral es perforada en la Arena "M1" en unos pozos y en la Arena "U Inferior" en otros. El sistema lodo base agua conocido como DRILL IN es usado con peso entre 8.9 y 9.1 lbs/gl para evitar pega por diferencial y mantener una muy buena limpieza del hueco. El principal problema más frecuente es el empaquetamiento de la tubería por derrumbes de la Arena "U inferior" y el procedimiento usado ha sido circulación y martilleo hasta obtener circulación total, y rotación de la tubería luego que está libre. La sección productiva es revestida con liner ranurado de 4 ½ pulgadas sin manifestarse mayores problemas.

1.2.6 ESTADO MECÁNICO DEL POZO

En el anexo 1.1 se presenta el estado mecánico representativo del modelo de pozo perforado por la compañía Andes Petroleum, en donde se consideran rangos de profundidades de asentamiento de casing, puntos de desvío del pozo – KOP's, zona de interés u objetivo primario y punto de aterrizaje, alcance lateral, entre otros.

1.2.7 COMPLETACIÓN Y PRUEBA ESTABILIZADA DE PRODUCCIÓN

Previo a la completación se realizó un trabajo de limpieza del pozo, se usó salmuera KCL como fluido de completación y un tratamiento de enzimas a fin de limpiar el borde del pozo. Los pozos fueron completados con bomba electrosumergible como se muestra en el anexo 1.2.

La tabla 1.1 presenta las pruebas de producción estabilizadas para los pozos analizados.

POZO	BFPD B/D	BPPD B/D	BAPD B/D	BSW (%)	API (°)
AP1Hz	5769	2174	3595	62	23
AP2Hz	3082	2832	250	8	22
AP3Hz	1899	1272	627	33	18
AP4Hz	2851	1796	1055	36	17,1

Tabla 1.1 Pruebas de producción estabilizadas de la compañía AndesPetroleum

Fuente: Reportes de Producción DNH

Preparado por: Soledad Barahona y Sebastián Garnica

1.3 COMPAÑÍA REPSOL YPF

La compañía Repsol YPF ejecuta sus operaciones de Exploración y Producción en el Bloque 16 situado en áreas que forman parte del Parque Nacional Yasuní en la Provincia de Orellana. Por pedido de la compañía operadora se usarán nombres referenciales.

POZO: RP1-Hz

1.3.1 SECCIÓN CONDUCTORA

La sección conductora es piloteada con tubo conductor de 20 pulgadas a una profundidad promedio de 150 pies.

1.3.2 SECCIÓN SUPERFICIAL 16”

La sección superficial se perfora con broca de 16 pulgadas hasta una profundidad medida entre 450 y 600 pies. Se utiliza un ensamblaje direccional para empezar la construcción del primer KOP a una profundidad medida entre 400 y 450 pies. El sistema del lodo de perforación que se utiliza es base agua nativo con peso entre 8.8 y 9.4 lbs/gl, este lodo posee características afines a la formación para evitar el intercambio iónico. Se corre y cementa un casing de 13 3/8 pulgadas y no se han presentado novedades relevantes durante dichas operaciones.

1.3.3 SECCIÓN INTERMEDIA 12 ¼”

La sección intermedia se perfora con una broca de 12 ¼ pulgadas hasta una profundidad medida entre 7,200 y 8,000 pies alcanzando la base de la formación Tena. El sistema del lodo de perforación utilizado es HIBTROL base agua, que proporciona alta velocidad anular para remover sólidos; su peso es de 10.5 a 10.7 lbs/gl. El ensamblaje direccional utilizado permite alcanzar un ángulo de inclinación de 40° a 60° con la construcción de un segundo KOP a una profundidad medida 4,000 - 5,200 pies.

Los problemas más frecuentes presentados son hueco apretado y embolamiento de la broca.

El hueco apretado se presenta en la formación Orteguzza a una profundidad medida entre 4,360 y 4,800 pies y se logra solucionar con buena circulación e incrementando el peso del lodo hasta 11 lbs/gl.

El embolamiento de la broca es causado por la presencia considerable de arcilla en la Formación Tiyuyacu al realizar viajes de limpieza, para solucionar este problema se realiza una buena circulación, incrementando gradualmente el peso del lodo desde 9.0 hasta 11.0 lbs/gl.

Se corre y cementa un casing de 9 5/8 pulgadas sin presentarse novedades importantes.

1.3.4 SECCIÓN DE LINER INTERMEDIO 8 ½”

La sección de liner intermedio es perforada con broca de 8 ½ pulgadas hasta una profundidad medida entre 9,300 y 10,000 pie, llegando a la zona de interés, Arena “M1”. Un sistema del lodo DRILPLEX en base agua es utilizado con un peso entre 9.5 y 10.5 lbs/gl. Este sistema de lodo previene la pega diferencial.

Se utiliza un ensamblaje direccional con el objetivo de aterrizar el pozo con un ángulo de inclinación cerca de 90 grados.

El problema más frecuente en esta sección es de hueco apretado generado por pérdidas de filtrado de lodo en la Formación Napo, el problema se soluciona trabajando la tubería y realizando viajes de control. Se corre y cementa un liner intermedio de 7 pulgadas sin presentarse mayores problemas.

1.3.5 SECCIÓN PRODUCTORA 6 1/8”

La sección productora se perfora con una broca de 6 1/8 pulgadas hasta alcanzar la sección lateral a una profundidad medida entre 10,100 y 11,200 pies con ángulo de inclinación alrededor de 90 grados. La longitud de la sección lateral alcanzada varía entre 800 a 1200 pies. El sistema del lodo DRILPLEX con peso entre 9 – 10 lbs/gl permite controlar y prevenir la hidratación de arcillas y lutitas.

El objetivo principal de la sección productora es alcanzar la arenisca “M1”, se corre un liner ranurado de 5 pulgadas. No se presentan mayores novedades.

1.3.6 ESTADO MECÁNICO DEL POZO

El anexo 1.3 presenta el estado mecánico representativo del modelo de pozo perforado por la compañía Repsol YPF, en donde se consideran rangos de profundidades de asentamiento de casing, puntos de desvío del pozo – KOP's, zona de interés u objetivo primario y punto de aterrizaje, alcance lateral, entre otros.

1.3.7 COMPLETACIÓN Y PRUEBA ESTABILIZADA DE PRODUCCIÓN

Previo a la completación se realizó un trabajo de limpieza del pozo, un tratamiento de enzimas a fin de limpiar el borde del pozo fue aplicado. Los pozos fueron completados con bomba electrosumergible como se muestra en el anexo 1.4.

La tabla 1.2 presenta las pruebas de producción estabilizadas para los pozos analizados.

POZO	BFPD B/D	BPPD B/D	BAPD B/D	BSW (%)	API (°)
RP1-Hz	5355	2299	3057	56	16
RP2-Hz	3130	1203	1926	60	16
RP3-Hz	11245	450	10795	96	17
RP4-Hz	9581	919	8662	90	16

Tabla 1.2. Pruebas de producción estabilizadas de la compañía Repsol YPF

Fuente: Reportes de Producción DNH

Preparado por: Soledad Barahona y Sebastián Garnica

1.4 COMPAÑÍA AGIP OIL

La Compañía AGIP OIL realiza sus operaciones de exploración y producción en el Bloque 10 en la Provincia de Pastaza. Los cuatro pozos a ser analizados corresponden al campo Villano. Por pedido de la compañía operadora se usarán nombres referenciales.

POZO AO1-Hz

1.4.1 SECCIÓN CONDUCTORA 26’’

La sección conductora es perforada con broca de 26 pulgadas hasta una profundidad medida entre 125 y 165 pies. El lodo usado es en base Agua-Gel (Spud Mud), posee una buena capacidad de acarreo y el peso va de 9.1 a 9.5 lb/gl. Generalmente, no existen problemas operacionales en esta sección. El casing conductor de 20 pulgadas es corrido y cementado sin mayores novedades.

1.4.2 SECCIÓN SUPERFICIAL 16’’

La sección superficial se perfora con broca de 16 pulgadas, alcanza una profundidad medida promedio de 3,490 a 5,860 pies que corresponde a las Formaciones Chalcana y Arajuno. Un sistema de lodo base agua PHPA Clayseal actúa como estabilizador de arcillas, limitan la dispersión y desprendimiento de la formación, el peso varía entre 9.0 y 10.5 lb/gl. Se utiliza un ensamblaje direccional y construye un primer KOP a una profundidad medida alrededor de 3,400 pies.

Esta zona presenta problemas de hueco apretado principalmente al final de la sección en la Formación Chalcana, superados con viajes de limpieza. El casing superficial de 13 3/8 pulgadas es corrido y cementado sin presentar mayores problemas.

1.4.3 SECCIÓN INTERMEDIA 12 ¼’’

La sección intermedia de 12 ¼ pulgadas alcanza una profundidad medida entre 10,760 y 12,330 pies en las formaciones Tena y Napo, respectivamente. Se utiliza sistema de lodo Paradryl con un peso entre 9.3 y 11.7 lb/gl. Este sistema se utiliza como lubricante para reducir el torque. Un ensamblaje direccional es usado y un segundo KOP es conseguido a una profundidad medida entre 8,250 y 9,000 pies.

En esta sección se presentan principalmente problemas de hueco apretado y atascamiento de tubería de perforación.

El hueco apretado se da por causa del filtrado del lodo de perforación y es solucionado con una buena circulación en el pozo.

El atascamiento de tubería de perforación se da debido a la desestabilización de la formación Tena. Para solucionar este problema se realiza una buena limpieza del pozo. El casing intermedio de 9 5/8 pulgadas es corrido y cementado sin presentarse mayores novedades.

1.4.4 SECCIÓN DE LINER INTERMEDIO 8 ½’’

La sección de liner intermedio es perforada con broca de 8 1/2 pulgadas hasta una profundidad medida entre 11,900 y 14,000 pies. Un sistema de lodo conocido como DRILL- IN es usado con un peso entre 9.0 y 10 lb/gl. Este sistema crea una buena costra evitando el filtrado del lodo.

El objetivo de esta sección es llegar al tope de la Formación Hollín Principal logrando un punto de aterrizaje a una profundidad medida promedio de 12,000 a 14,000 pies.

La litología de esta zona constituye un problema, ya que se encuentra un alto porcentaje de arcilla y caliza en el intervalo entre 11,190 – 11,330 pies de profundidad medida.

Entre los problemas más frecuentes que se presentan en esta sección se tienen empaquetamiento y atascamiento de tubería de perforación.

El empaquetamiento y atascamiento de tubería de perforación son ocasionados debido a derrumbes y cambios inesperados en la litología de la formación. El alto torque y el mayor arrastre son consecuencia de dichos derrumbes.

En varios casos se han realizado pescas de tubería a una profundidad medida entre 10,800 y 14,000 pies que en algunas ocasiones terminaron en sidetrack.

El lodo y los equipos de control de ayudan a proporcionan una costra de buena calidad para estabilizar la formación.

Se corre y cementa un liner de 7 pulgadas sin presentarse mayores problemas.

1.4.5 SECCIÓN PRODUCTORA 6 1/8"

La sección productora se perfora con una broca de 6 1/8 pulgadas hasta alcanzar una profundidad medida entre 12,700 y 15,200 pies, cuyo objetivo es navegar en la arenisca Hollín Principal con un ángulo de inclinación alrededor de 90 grados. La longitud de la sección lateral alcanza entre 800 y 1,200 pies. En esta sección se utiliza un sistema de lodo base agua PARADRILL con peso entre 9.5 y 10 lb/gl. Entre los problemas que se han presentado se encuentran principalmente pega diferencial, que se soluciona disminuyendo el peso del lodo y con buena circulación y limpieza del pozo.

1.4.6 ESTADO MECÁNICO DEL POZO

El anexo 1.5 presenta el estado mecánico representativo del modelo de pozo perforado por la compañía Agip Oil, en donde se consideran rangos de profundidades de asentamiento de casing, puntos de desvío del pozo – KOP's, zona de interés u objetivo primario y punto de aterrizaje, alcance lateral, entre otros.

1.4.7 COMPLETACIÓN Y PRUEBA ESTABILIZADA DE PRODUCCIÓN

Previa la completación del pozo no se realiza trabajos de estimulación o fracturamiento. Los pozos fueron completados con bomba electrosumergible como se muestra en el anexo 1.6.

La tabla 1.3 presenta las pruebas de producción estabilizadas para los pozos analizados.

POZO	BFPD B/D	BPPD B/D	BAPD B/D	BSW (%)	API (°)
AO1-Hz	9886	4044	5942	60	19
AO2-Hz	10159	9540	619	6	21
AO3-Hz	10524	5471	5053	48	21
AO4-Hz	7740	778	6962	89	21

Tabla 1.3. Pruebas de producción estabilizadas de la compañía Agip Oil

Fuente: Reportes de Producción DNH

Preparado por: Soledad Barahona y Sebastián Garnica

1.5 COMPAÑÍA PERENCO

La compañía PERENCO realiza sus operaciones en los Bloques 7 y 21 en la Amazonía ecuatoriana. Los cuatro pozos seleccionados fueron perforados desde el año 2003, de los cuales dos corresponden al Campo Yuralpa – Bloque 21 – y los otros al Bloque 7, ubicado en la provincia de Napo. Por pedido de la compañía operadora se usarán nombres referenciales.

Pozo: PR1-Hz

1.5.1 SECCIÓN CONDUCTORA 26’’

La sección conductora es perforada con broca de 26 pulgadas hasta una profundidad medida entre 150 y 400 pies. El sistema del lodo de perforación utilizado es a base de Nitrato de calcio (CaNO_3), este sistema se utiliza a fin de inhibir las arcillas y proporcionar una costra de lodo adecuada, evitando derrumbes en la perforación. Se corre y cementa un casing de 20 pulgadas sin problemas.

1.5.2 SECCIÓN SUPERFICIAL 17 ½’’

La sección superficial se perfora con broca de 17 ½ pulgadas hasta una profundidad medida entre 4,200 y 5,400 pies que corresponde al tope de Orteguaza. Se utiliza un ensamblaje direccional y se construye un primer KOP a una profundidad medida entre 350 y 400 pies.

El sistema del lodo de perforación es POLYMER base agua con una densidad que varía entre 9.2 y 12.8 lbs/gl con el fin de controlar el influjo de agua de formación. Entre los problemas existentes en la sección superficial está el embolamiento de la broca a nivel de la formación Orteguaza, esto es debido a la presencia de arcilla, el mismo que se soluciona adicionando un lubricante, aumentando la densidad del lodo, trabajando tubería y bombeando píldoras viscosas.

Se corre y cementa un casing superficial de 13 3/8 pulgadas sin problemas.

1.5.3 SECCIÓN INTERMEDIA 12 ¼”

La sección intermedia es perforada con broca de 12 ¼ pulgadas hasta alcanzar una profundidad medida entre 8,400 y 10,100 pies atravesando las formaciones Basal, Tena y Basal Napo. Se utiliza un ensamblaje direccional y se construye un segundo KOP a una profundidad medida entre 7,300 y 7,800 pies. Un sistema de lodo ALPLEX-CLAYTROL en base agua con peso de 11.0 a 12.0 lbs/gl es utilizado para perforar esta sección actuando como inhibidor de lutitas y para estabilizar el hueco evitando la ósmosis. Este sistema funciona como material sellante en la formación.

Los problemas principales en la sección intermedia son embolamiento de la broca y empaquetamiento de la sarta de perforación.

El embolamiento de la broca se presenta a una profundidad medida entre 7,500 y 7,800 pies debido a la litología de la formación Tena. Así también se ha presentado empaquetamiento de la sarta de perforación debido a una presión diferencial mínima en la arenisca “T” a una profundidad medida entre 9,800 y 10,000 pies. Generalmente los problemas se solucionaron trabajando tubería, incrementando torque y bombeando píldora viscosa.

Se corre y cementa un casing intermedio de 9 5/8 pulgadas sin novedades.

1.5.4 SECCIÓN DE LINER INTERMEDIO 8 ½”

La sección de liner intermedio se perfora con una broca 8 ½ pulgadas hasta una profundidad medida entre 8,800 y 10,700 pies, que corresponden a las formaciones Basal Napo y Hollín Principal. El sistema utilizado en esta sección es en base agua ALPLEX-CLAYTROL o MAXPLEX-CLAYTROL con un peso que oscila entre 10.2 y 11.0 lbs/gl. Este sistema de lodo es utilizado como material sellante más fuerte, y tiene efecto de puenteo. El ensamblaje direccional que se utiliza en esta sección permite aterrizar el pozo en el tope de la Arenisca Hollín Principal después de haber perforado la lutita (cap shale) que la separa de la Arenisca Hollín Superior.

Entre los problemas más frecuentes que se han presentado son de hueco apretado y empaquetamiento de la tubería de perforación. La tendencia a empaquetamiento se presenta por inestabilidad del pozo a nivel de la base de Napo a una profundidad medida entre 10,100 y 10,350 pies el cual se ha solucionado con una muy buena circulación. En cierta ocasión debido al empaquetamiento se dejó un pescado en el pozo y se terminó realizando un sidetrack.

Se corre y cementa un liner intermedio de 8 ½ pulgadas sin ninguna novedad.

1.5.5 SECCIÓN PRODUCTORA DE 6 1/8”

La sección productora se perfora con broca de 6 1/8” hasta alcanzar la sección lateral a una profundidad medida entre 10,400 y 11,200 pies navegando en la Arenisca “Hollín Principal” con un ángulo de inclinación aproximado de 90°.

Se utiliza un sistema del lodo de perforación llamado DRIL-IN base agua con un peso entre 8.7 – 9.3 lbs/gl para evitar pega por diferencial y mantener a buena limpieza del hueco. No se han presentado problemas relevantes al perforar la sección productora, esta sección es revestida con liner ranurado de 5 pulgadas.

1.5.6 ESTADO MECÁNICO DEL POZO

El anexo 1.7 presenta el estado mecánico representativo del modelo de pozo perforado por la compañía Perenco, en donde se consideran rangos de profundidades de asentamiento de casing, puntos de desvío del pozo – KOP's, zona de interés u objetivo primario y punto de aterrizaje, alcance lateral, entre otros.

1.5.7 COMPLETACIÓN Y PRUEBA ESTABILIZADA DE PRODUCCIÓN

Después de bajar el liner ranurado de 5” se desplaza el lodo del pozo con agua de matado (KCl), se procede a inyectar enzimas que actúan sobre la costra de lodo atenuando de esta manera el daño de formación. Estas enzimas son complementadas con ácido clorhídrico y ácido fluorhídrico y actúan como

estimulantes del pozo. Los pozos fueron completados con bomba electrosumergible como se muestra en el anexo 1.8.

La tabla 1.4 presenta las pruebas de producción estabilizadas para los pozos analizados.

POZO	BFPD B/D	BPPD B/D	BAPD B/D	BSW (%)	API (°)
PR1-Hz	3268	2941	327	10	18,7
PR2-Hz	1300	1199	101	7,8	18,5
PR3-Hz	905	892	13	1,4	18,2
PR4-Hz	600	588	12	2	17,6

Tabla 1.4. Pruebas de producción estabilizadas de la compañía Perenco

Fuente: Reportes de Producción DNH

Preparado por: Soledad Barahona y Sebastián Garnica

CAPÍTULO II

ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN DE POZOS HORIZONTALES PERFORADOS EN EL CAMPO SACHA

2.1 INTRODUCCIÓN

El objetivo de este capítulo es organizar y analizar la información de los cuatro pozos vecinos del campo Sacha objeto de estudio de esta investigación, siguiendo las recomendaciones de Steve Devereux de su libro “Practical Well Planning and Drilling”¹. Un sumario ha sido preparado para cada sección de los pozos considerados. Información de cada pozo vecino es mostrada una a lado del otro en columnas que están divididas en filas por formación. Pueden ser comparadas rápidamente en las mismas formaciones entre varios pozos. A mano izquierda se describe la litología de la formación, áreas problemáticas e información relevante. Para cada pozo hay tres columnas adyacentes. La columna de la izquierda muestra profundidades de topes de formaciones. La columna central muestra una representación de cada corrida de broca, incluyendo ensamblajes usados, condición de las brocas, etc. La columna de la derecha muestra datos de parámetros, rata de perforación, propiedades de lodo y notas importantes.

Bajo cada sección del pozo está un espacio donde se incluye comentarios sobre los trabajos de corrida de casing o cementación y datos que valgan la pena.

Estos sumarios permiten una visión detallada de todos los pozos considerados. Observando cada formación se pueden listar los problemas tales como: hueco apretado, hueco agrandado (wash out), tubería pegada, pérdida de fluido, etc.

Por otro lado, las propiedades del lodo como peso, contenido de sólidos, MBT, viscosidad plástica, YP (Yield Point), Geles y pérdida de filtrado han sido graficadas vs Profundidad; de acuerdo a lo recomendado por J. L. Lummus en su

¹ Steve Devereux, Practical Well Planning and Drilling Manual, PennWell Corporation, Tulsa, Oklahoma, USA, 2006.

libro "Drilling Fluid Optimization"²; este tipo de gráfico permite ver las tendencias de las propiedades del lodo.

Además, se presenta información de la geología estructural y estratigráfica del campo Sacha, e información litológica de la formación Hollín Principal, zona de interés del estudio.

Finalmente, en base a los sumarios antes descritos, se lista una serie de problemas que se presentaron durante la perforación de los pozos vecinos y que permitirán desarrollar gran parte del diseño y el programa de perforación del pozo propuesto.

² Lummus, James L. Drilling Fluids Optimization A Practical Field Optimization, Tulsa, Oklahoma, PennWell Publishing Company, 1986

2.2. GENERALIDADES DEL CAMPO SACHA

2.2.1. BREVE RESEÑA HISTÓRICA DEL CAMPO SACHA

La estructura Sacha fue probada con la perforación del pozo Sacha 1 que se inició el 21 de enero de 1969, alcanzó los 10,160 pies de profundidad y produjo 1,328 barriles de petróleo por día de 30° API de la Formación Hollín, siendo completado el 25 de febrero de 1969. Este pozo se cerró el 1 de noviembre del 2001 con una producción acumulada de petróleo de 1'475,598 barriles.

2.2.2. UBICACIÓN Y DESCRIPCIÓN DEL CAMPO SACHA

El campo Sacha se encuentra ubicado en la Región Amazónica en la zona del Cantón “La Joya de los Sachas”, entre las coordenadas: 00°11'00'' y 00°24'30'' Latitud Sur y 76°49'40'' y 76°54'16'' Longitud Oeste; cubriendo un área de 124 Km² aproximadamente. La figura 2.1 muestra la ubicación del campo Sacha. Sacha es un anticlinal de dirección NNE-SSO cortado en su flanco oeste por una falla transpresional dextral. Se localiza en el flanco occidental del “play” central (corredor Sacha-Shushufindi). Tiene un ancho de 4 km al norte y alrededor de 7 km al centro y sur, y una longitud aproximada de 33 km. Presenta un cierre vertical máximo de alrededor de 240 pies a la base caliza “A” (culminación en el área del pozo Sacha 1), y un área de 32,167 acres.

El campo Sacha se encuentra dividido en cuatro áreas que son las siguientes: Sacha Central, Sacha Norte 1, Sacha Norte 2 y Sacha Sur.

El campo fue puesto en producción el 6 de julio de 1972 a una tasa promedio diaria para ese mes de 29,269 BPPD, incrementándose hasta un promedio de 117,591 BPPD en noviembre de ese mismo año, que es la producción máxima registrada en la vida del campo. La producción con altos y bajos se mantuvo por sobre los 60,000 BPPD hasta el año 1994, luego de lo cual ha venido declinando hasta la actualidad en que su producción diaria es de alrededor de 49,000 BPPD.

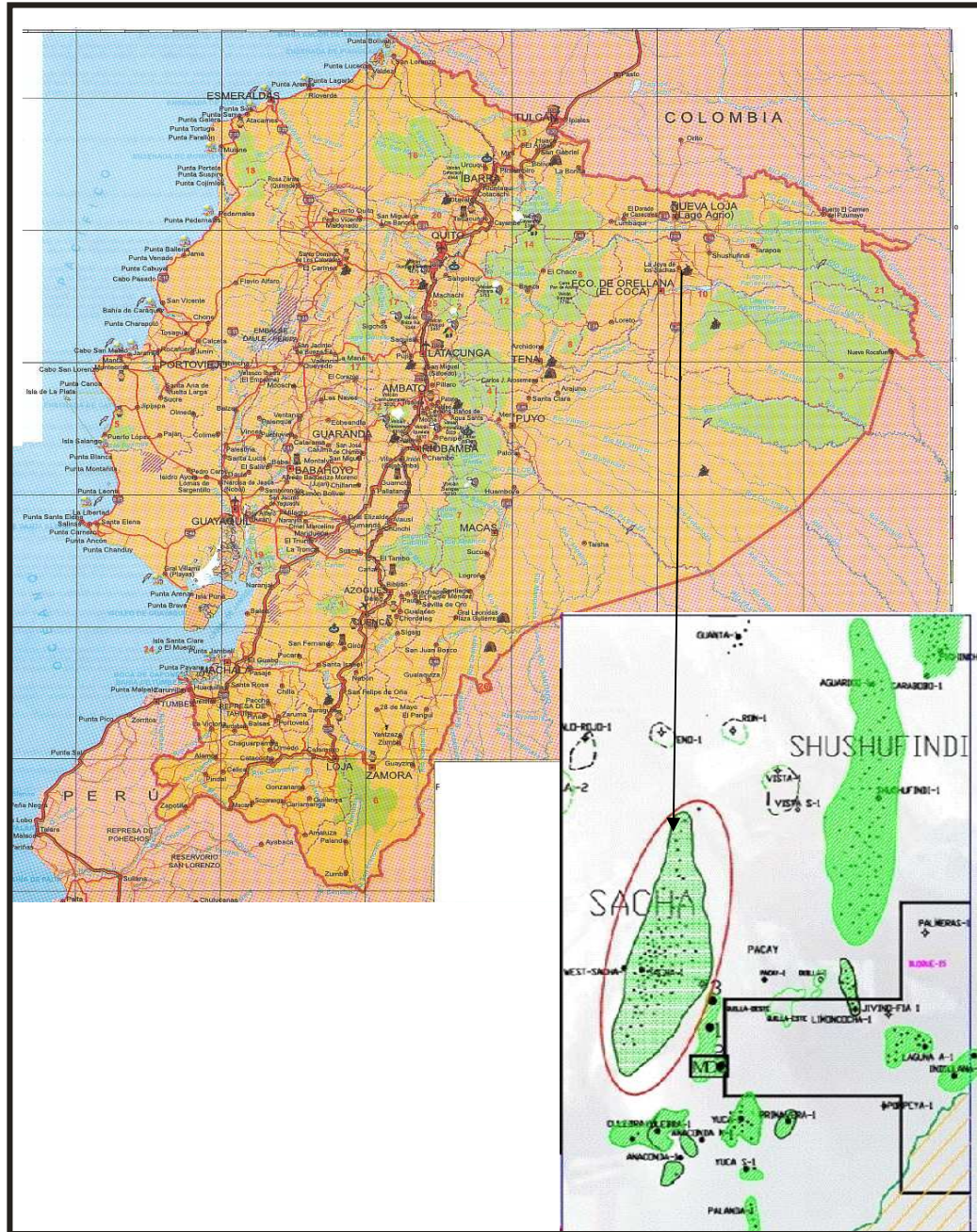


Figura 2.1 Ubicación geográfica del campo Sacha
Fuente: PETROPRODUCCIÓN

La producción promedio del primer trimestre del 2009 por áreas se presenta en la tabla 2.1, cuyo total es de 48,952 BPPD y proviene de los yacimientos Basal Tena, “U” y “T” de la formación Napo, y de la formación Hollín.

ZONA	BFPD	BPPD	BSW	BAPD
CENTRAL	13,810	10,272	25.55	3,528
NORTE 1	39,189	14,893	60.97	23,894
NORTE 2	24,025	10,390	56.75	13,635
SUR	22,965	13,397	41.66	9,568
TOTAL	99,989	48,952	50.63	50,625

Tabla 2.1: Producción del Campo Sacha
Fuente: Dpto. de Ingeniería en Petróleos, Sacha

Actualmente existen 219 pozos perforados, cuyo estado se presenta en la Tabla 2.2.

Pozos	N°	Tipo de Arena
Productores	147	“BT”, “U”, “T” y “H”
Inyectores de agua	6	“U” y “T”
Re-inyectores	5	“TY” y “OT”
Cerrados	41	“BT”, “U”, “T” y “H”
Abandonados	10	“U”, “T” y “H”

Tabla 2.2. Estado de pozos del Campo Sacha
Fuente: Dpto. de Ingeniería en Petróleos, Sacha

2.2.3 COLUMNA ESTRATIGRÁFICA GENERALIZADA DE LA CUENCA ORIENTE

La figura 2.2 muestra la columna estratigráfica generalizada de la cuenca oriente en Ecuador que dispone de información referencial muy valiosa para estudios previos de cualquier proyecto de perforación en esa área. Para trabajos en detalle será necesario contar con una prognosis geológica resultado de correlacionar

registros litológicos, registros eléctricos y cualquier otra información disponible de pozos vecinos perforados en la zona de interés del campo Sacha.

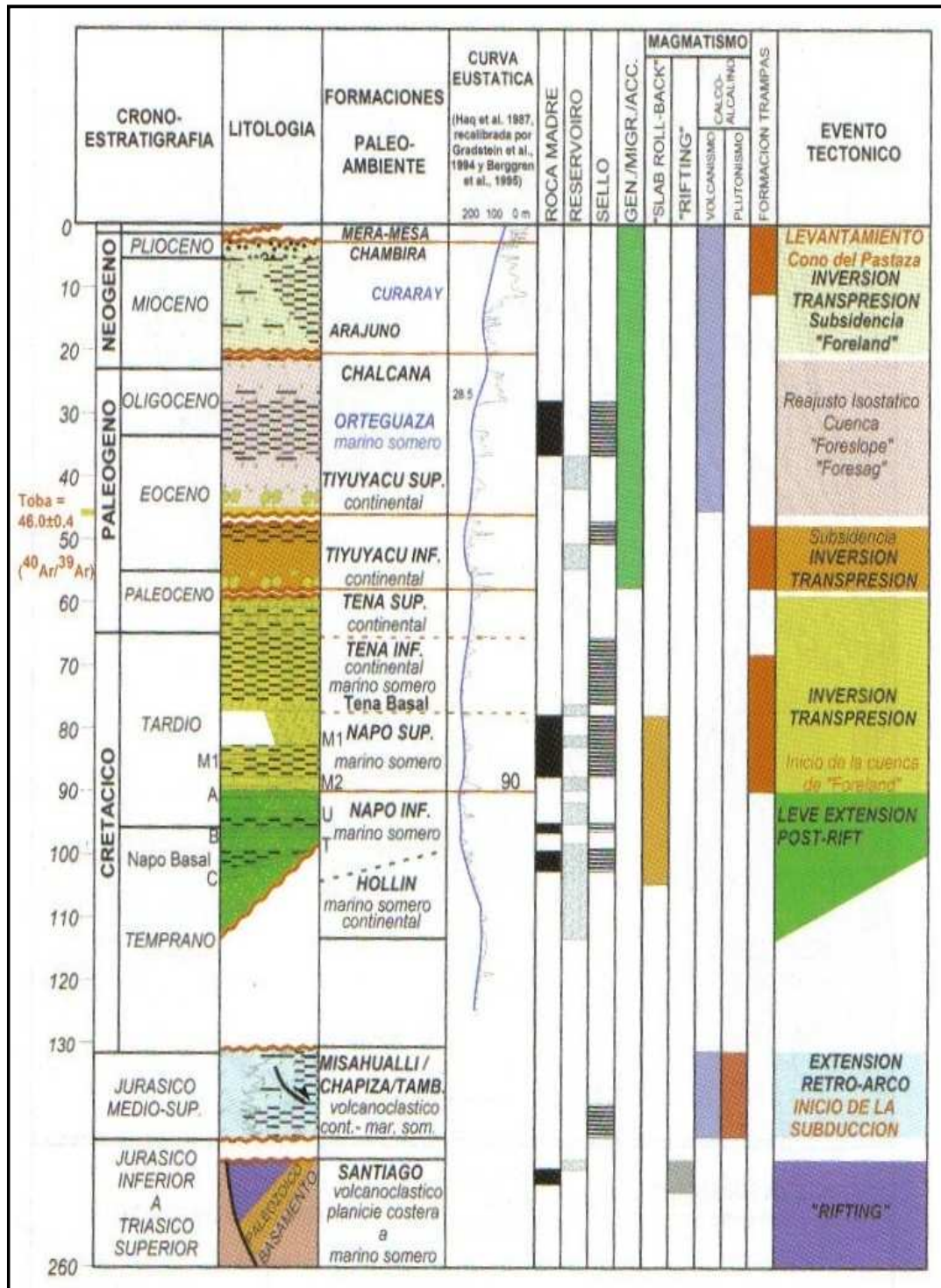


Figura 2.2: Columna estratigráfica del Ecuador
Fuente: PETROPRODUCCIÓN

2.2.4 LITOLOGÍA DEL CAMPO SACHA EN LA FORMACIÓN HOLLÍN

Bajo la estructura Sacha de edad Cretácica se desarrolló el anticlinal "Sacha Profundo", de posible edad jurásico inferior a medio (Figura 2.2) que plegó los depósitos paleozoicos y triásico-jurásicos de la Formación Sacha, el mismo que fue probado con el pozo Sacha Profundo-1 con resultados negativos.

2.2.4.1 Formación Hollín

Esta formación fue definida por Watson y Sinclair en 1927. Tschopp (1953) subdivide a la Formación Hollín en dos miembros litológicos: Hollín Principal o Inferior y Hollín Superior.

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

El espesor aproximado es de 270 a 480 pies; constituida principalmente por areniscas cuarzosas blancas de grano medio a grueso masivo con estratificación cruzada.

También se caracteriza por la presencia de capas delgadas e intercalaciones de lutita, limolitas y arenas negras impregnadas de asfalto.

La principal diferencia es que la Formación Hollín Inferior está constituida por arenas limolíticas. Jaillard (1997) propone que la Formación Hollín Superior debería ser incluida en la Formación Napo (como Arena Basal Napo).

Sin embargo, Villagómez (1995) divide litológicamente a ésta formación en los siguientes miembros:

2.2.4.1.1 Arena *Hollín Inferior*

De edad Aptiano Inferior que corresponde a una arenisca conglomerática que se encuentra únicamente en el relleno sedimentario de un conjunto de valles incisos. Su parte basal representa un ambiente estuario y fluvial distal. Se lo identifica en

registros eléctricos por presentar un reservorio de agua salada con baja resistividad.

Las areniscas de la Formación Hollín Principal reposan en discordancia angular o paracordancia sobre las formaciones Jurásicas Chapiza y Misahualli y sobre las formaciones paleozoicas Macuma y Pumbiza.

Contiene arenisca cuarzosa, de grano medio a grueso (fino en menor proporción) con porosidad de alrededor del 18% en promedio, con ocasionales niveles limolitaosos y arcillaosos.

2.2.4.1.2 Arena Hollín Superior

De edad Aptiano Superior, es una serie de areniscas cuarzosas correspondientes a depósitos de llanura de inundación aluvial y depósitos fluviales de tipo entrelazado, planicie costera y plataforma marina poco profunda. Estas arenas provienen del Escudo de Guyana.

La arquitectura de esta formación es la presencia de depósitos diacrónicos retrogradantes que se acuñan hacia el este de la cuenca Oriente, mientras que hacia el tope tiene un contacto conforme con la arenisca Basal Napo.

Contiene arenisca cuarzosa - glauconítica con una porosidad media del 14 %, se encuentra interestratificada con lutita.

2.2.5 CARACTERÍSTICAS DEL CRUDO DE LA FORMACIÓN HOLLÍN

La gravedad del crudo de Hollín Principal varía entre 27° y 28° API, la de Hollín Superior entre 27° a 29° API. Los contenidos de azufre determinados para los crudos de Hollín varían entre 0.40 y 1.10 %.

La presión de reservorio promedio para la formación Hollín Principal es 4,300 psi y la presión de burbuja es de 1,000 psi.

En la tabla 2.3 se presenta una descripción del tipo de ambiente y litología de la Columna estratigráfica de la Cuenca Oriente y así como de la Formación Hollín.

ERA	EDAD	FORMACION	ESPESOR (pies)	AMBIENTE	LITOLOGIA
CENOZOICO	Reciente	aluvion	variable	Fluvial	lodos y arenas
	Pleistoceno	terrazas		Fluvial	conglomerados
	Plioceno a	Chambira	700 a 1000	Agua salcbre a	arcillas, areniscas
		Arajuno	2000 a 2500		areniscas pardas y arcillas multicolores
	Mioceno Indiferenciado	Chalcana	2000 a 3000	continental	arcillas rojizas y muñecos calcareos
	Oligoceno	Orteguaza	50 a 500	Agua salcbre a marina	areniscas y lutitas
	Oligoceno a Ecceno	Tiyuyacu	100 a	continental	lutita gris verdosa areniscas, arcillolitas y conglomerados
			1500		
Paleoceno			continental	arcillolitas y areniscas	
MEZOZOICO	Cretácico Medio a Superior	Tena	400 a 3200	marina somera	conglomerados limolitas y areniscas
		Napo	500 a 2500	marino transgresivo con facies regresiva	lutitas y calizas areniscas
	Cretacico Inferior	Hollin	270 a 430	marino transgresivo	areniscas cuarzosas blancas
	Jurásico Medio a Superior	Yaupi	600	continental	tobas y arcillolitas
		Misahualli	a 4500		acumulacion volcanica
		Chapiza			areniscas y arcillolitas
	Jurasico Inferior	Santiago	1000 a 1500	marina	lutitas biluminosas calizas negras y areniscas
	PALEZOICO	Carbonífero Superior a Pérmico	Macuma	900 a 1000	marina
Devoniana y Sliuro Sup.		Pumbiza	desconocido	maria abierta	lutitas negras areniscas cuacíticas

Tabla 2.3 Síntesis estratigráfica y litológica del Ecuador
Fuente: Dpto. de Ingeniería en petróleos, Sacha

2.3 SUMARIOS POR SECCIONES DE LOS POZOS

Se ha organizado la información de cuatro pozos de control del campo Sacha en secciones de los pozos. Para facilitar cualquier correlación cada pozo va uno al lado del otro en columnas que están divididas en filas por formación. Lo cual permite comparar rápidamente en las mismas formaciones entre varios pozos. A mano izquierda se describe la litología de la formación, áreas problemáticas e información relevante. Para cada pozo hay tres columnas adyacentes. La columna de la izquierda muestra profundidades de topes de formaciones. La columna central muestra una representación de cada corrida de broca, incluyendo ensamblajes usados, condición de las brocas, etc. La columna de la derecha muestra datos de parámetros, rata de perforación, propiedades de lodo y datos que se consideran importantes.

Bajo cada sección del pozo está una sección donde se incluye comentarios sobre los trabajos de corrida de casing o cementación y datos que valgan la pena registrar.

Todo este procedimiento ha sido realizado tomando en consideración las recomendaciones de Steve Devereux de su libro "Practical Well Planning and Drilling"¹.

Estos sumarios permiten una visión detallada de todos los pozos considerados. Observando la información se pueden listar los problemas tales como: hueco apretado, hueco agrandado, tubería pegada, pérdida de fluido, etc.

SACHA 171 - H			SACHA 175 - H			SACHA 168 - H			SACHA 221 - H		
DETALLES DE FORMACIÓN Y PROFUNDIDAD (pies)	CORRIDA DE BROCA	PARÁMETROS, COMENTARIOS	DETALLES DE FORMACIÓN Y PROFUNDIDAD (pies)	CORRIDA DE BROCA	PARÁMETROS, COMENTARIOS	DETALLES DE FORMACIÓN Y PROFUNDIDAD (pies)	CORRIDA DE BROCA	PARÁMETROS, COMENTARIOS	DETALLES DE FORMACIÓN Y PROFUNDIDAD (pies)	CORRIDA DE BROCA	PARÁMETROS, COMENTARIOS

SECCIÓN 26"

REED Y11 Lodo Nativo
 HYCLOG 9 lb/gal.
 3x14 + 1x16
 PV/YP= 9/15

WOB=5KLBS
 RPM=30
 ROP=80

CHALCANA

126" MD



SECCIÓN 26"

REED Lodo Natural
 Y11C Bentonita
 8.9 lb/gal
 HYC
 3x14 +
 1x16

WOB=5KLBS
 RPM=60
 ROP=65

CHALCANA

144' MD

SECCIÓN 20"

Hueco piloteado con casing de 20" hasta 40'

Casing 20". Normal.

SECCIÓN 20"

Hueco piloteado con casing de 20" hasta 40'

Casing 20". Normal.

Sacha 171 H

Arcillolita Sale broca a 137'
Conglomerado 1/1/WT/A/1/NO/TD
137pies@ 30.4 pie/h

Casing 20" @ 132'. Top Job.

SECCIÓN 17 ½"

Arcillolita PDC Smith MSDSS, 3X22+1X18
conglomerado Lodo Nativo 9 lbs/gal
PV/YP=8/11
WOB=10-15 KLBS
RPM=70
Ensamblaje convencional



Sale broca a 232'
4/3/WT/A/E/1/SD/HRS
90 pies @ 19 pie/h

Tricónica Reed EMS11GC,
3X22+1X18
Ensamblaje convencional

Sacha 175 H

Arcillolita Sale broca a 144' ;
Conglomerado 1/1/WT/A/1/I/NO/TD
144' @ 12.5 pie/h

Casing 20". Corrida y cementación normal.

SECCIÓN 17 ½"

Arcillolita Tricónica
Smith MSDSSHC
Conglomerado 3X22+1x18
Lodo Spud Mud; 9.0-9.5
lbs/gal
PV/YP=8/13
WOB=5-20K
RPM=130-180

Ensamblaje direccional



Sacha 168H

SECCIÓN 16"

Tricónica PV/YP= 8/13
Hughes
MX-1, 3X20 ROP = 50-60
+ 1X18,
Ensamblaje WOB=10-13
direccional RPM=100



Hueco
anillado
hasta 365'.
Sacar
herramienta
hasta
superficie
para romper
anillo.

Sacha 221H

SECCIÓN 16"

WOB=5-8K
RPM=60
ROP=24-72
pie/h



Sacha 171H
Lodo Nativo;
9lbs/gal
PV/YP=9/15
WOB=10-15K
RPM=120
ROP=58
Sale broca con
estabilizadores
embolados

Sale broca a 522'
0/0/WT/A/E/I/NO/FM
290 pies @ 58 pie/h
HYC,R-S40HF+GNP
3X16+3X15
Ensamblaje direccional

Gumbo a 720'

Lodo Nativo;
9.6 lbs/gal
PV/YP=9/11
WOB=10-20K
RPM=80-130
ROP= 77pie/h

Sacha 175 H

Sale broca a 2,297'
3/2/WT/A/E/I/NO/PR
2,153 pies @ 42.2 pie/h

Sacha 168H

Sale broca a 456';
0/1/WT/A/E/I/PN/PM
456 pies @ 40.5 pie/hr

PDC; Lodo
HUGHUES; GELBENEX
605; 9X10;
Ensamblaje 9.6 lbs/gal;
direccional PV/YP=11/12
WOB=10-15K
RPM=99-60
ROP=80-90
pie/h

Sacha 221H

Sale broca a 455'
1/1/WT/A/E/I/BU/BHA

PDC; Lodo GEL
HCM POLYMERO
605;
10X10; 9.1-9.7
Ensamblaje lbs/gal
direccional
PV/YP=10/12
WOB=15-20K
RPM=50-104
ROP=153.8
pie/h

Sacha 171 H



Anillos de conglomerado de tamaño grande

Hueco apretado en conglomerado

De 1,300' a 1,600'.

Backreaming.

Repasan secciones. Ok.

Sacha 175 H

PDC,HYC Lodo base agua
SPUD MUD,
DS40HF+
GNP 9.7 lbs/gal
4X18+ PV/YP=4/21
2X16 WOB=3-8K
RPM=140-160
ROP=70-80

Ensamblaje direccional



Sacha 168H



Sale broca a 3,095'
1/0/CT/N/X/I/NO/BHA
2,639 pies @ 71.9 pie/hr
PDC; Lodo GEL
HUGUES BENEX 10
HC 605; lbs/gal
9x13; PV/YP=13/17
Ensamblaje direccional WOB=15-28
RPM=105-74
ROP=43-50

Sacha 221H



Sale broca a 3284'
0/0/NO/A/X/I/NO/BHA
2,829 pies @ 55.9 pie/hr
PDC, HCM605;
5X11+5X12;
Ensamblaje Direccional

Sacha 171 H



Sale broca a 4,039'

1/1/WT/A/X/1/BT-CT/TD

3,517 pies @ 77.3 pie/h

Casing 13 3/8" @ 4,034'. Corrida y cementación normal.

Sacha 175 H

Sale broca 4,012'

0/0/WT/A/X/I/NO/TD

1,715 pies @ 76.13 pie/h

Casing 13 3/8" @ 4,008'. Corrida y cementación normal.

Sacha 168H

Limpieza de broca con cáscara de arroz.

Arrastre de 30-50 klbs

Sacha 221H

LODO GEL
POLYMERO
9.7-10 lbs/gal

PV/YP=11/14

WOB=20-35K

RPM=50+108

ROP=21 pi/h

Perfora sin orientación.
Herramienta no tiene señal.

Sale broca a 5,997'
0/0/BU/NS/X/I/PN/BHA
2,713 pies @ 48.8 pie/hr

PDC; Lodo GEL-
POLYMERO;
HCM605 10.3 lbs/gal
10X12 PV/YP=11/15
WOB=20-25K
RPM=65+97
ROP=23.5 p/h

Sacha 171 H

Sacha 175 H

Sacha 168H

Sale broca a 6,500'

1/1/CT/N-S/X/I/PN/TD

3,405 pies @ 50.1 pie/h

Broca de limpieza
tricónica; HUGUES;
MX-1;

3x20+1x18

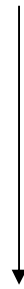
A 6464' PIF
con 700psi

ECD=11.9
lb/gal

**A 5,030' bajan csg de 13 3/8" y
pierde circulación. Maniobra
tubería hasta lograr circular.
Casing 13 3/8" @ 6,490'. Top
job.**

Sacha 221H

Ensamblaje direccional



Sale broca a 6,222'

0/1/WT/NS/X/I/NO/TD

225 pies @ 47.6 pie/hr

Casing 13 3/8" @ 6,217'. Top job.

Sacha 171 H

Sacha 175 H

Sacha 168H

Sacha 221H

SECCIÓN 12 ¼"

SECCIÓN 12 ¼"

SECCIÓN 12 ¼"

SECCIÓN 12 ¼"

PDC; HYC Lodo Nativo

DS104DGJNSU 9.3 lbs/gal;
4X12 + 5X14;
PV/YP=3/9

Ensamblaje
WOB=6-14K

direcciona
RPM=37-80

PIF@572 psi

EDC 12
lbs/gal

Cambian
sistema de
lodo a
sistema
HYBTROL
POLYPLUS
9.7 lbs/gal

PDC; HYC; Lodo Spud
Mud;9.1

DS104HGN; lbs/gal;

4X16 +
5X12;
PV/YP=5/9

Ensamblaje WOB=3-18K
RPM=47-61

direcciona ROP=17-25

PIF con EDC
12 lbs/gal
Durante el
viaje de
control,
hueco
apretado a
4630'-4244'.

Cambio de
sistema de
lodo a
POLYPACK
9.7 lbs/gal
PV/YP=15/19

TIYUYACU
7,000'

KOP @7280'

PDC;HC Lodo PERFLEX
505ZX; (ALPLEX); 9.8-
2X12+6 11 lbs/gal;
X13 PV/YP=14/16

WOB=15-20

RPM=80-125

Ensamblaje direccional

TIYUYACU
7,000'

PDC;HC6 Lodo
05S PERFLEX

3X14+ (BENEX)

4X13 9.5-9.9 lbs/gl.

PV/YP=14/17

WOB=20-30

RPM=100/120

Excesivo
torque

Sacha 171 H

Sacha 175 H

Sacha 168H

Sacha 221H

ORTEGUAZA

5,422' MD

5,422' TVD



En viaje de control
hueco
apretado:

ORTEGUAZA

5,454' MD

5,454' TVD

Lutita

Arenisca

Limolita



Conglomerado

7,410' MD

7,250' TVD

Arena

Limolita

TENA

7,947' MD

7,777' TVD



Conglomerad

7202' MD

7581'TVD



Sale broca a 8310'

5/6/RO/NS/X/I/PN//TR

3 pies @ 31.6 pie/h

TENA

8,400'MD

7,770' TVD

PDC;HCR

605;

7X14

Lodo
PERFLEX;10
lbs/gal
PV/YP=17/18

desde 5,300'
hasta 4,300'.
Repasan
puntos
apretados,
lavando y
rimando
desde 5141'
hasta el
fondo 5608'.

TIYUYACU

6,059' MD

6,059' TVD

Arcilla

Limolita

Arenisca

Conglomerado

TIYUYACU

6,240' MD

6,240' TVD

Arcilla

Limolita

Arenisca

Conglomerad

Arcilla

Arena

Caliza

Bajo ROP=7;
no se puede
incrementar
HSI. Cuatro
orificios fijos.
HSI=2

Sale broca a 6,626'
1/4/CT/T-S-G/X717BT-
WT/PR
2,613 pies @ 42.18 pie/h

Sale broca 8,075'

1/0/CT/CN/X/I/WT/BHA

1,575 pies@30.14 pie/h

PDC;HCC

M505ZX

3X14+

5X15

Lodo

PERFLEX

10.1 lbs/gal

PV/YP=14/16

WOB=15-20

RPM=120

Bajo ROP

Cambio BHA

Ensamblaje WOB=5-25K
direccional RPM=100-128
ROP=12 pie/h

Arrastre 70K

Caída de
presión de
3200 a 2500
psi por
WO@1255'

Sale broca a 8857'
0/1/WT/NS/X/I/NO/BHA
547 pies @ 24.6 pie/hr

Sacha 171 H



Viaje de control hasta zapato, con puntos apretados de 6,091' a 5,713', fue necesario rimar.

Sacha 175 H

PDC; Lodo base
HYCDS14 agua tipo
OHF+PNS POLYPAC;
9.9 lbs/gal;
6X15 + PV/YP=11/16
1X16;
Ensamblaje direccional



Sacha 168H

BASAL TENA
9,041' MD
8,777' TVD



Sacha 221H

PDC; Lodo
HCR605 PERFLEX;
10.2 lb/gal
7X14; PV/YP=18/18
Ensamblaje WOB=10-40K
direccional RPM=100-135
ROP=47 pie/h



BASAL TENA
9,404' MD
8,785' TVD

Sacha 171 H

Sacha 175 H

Sacha 168H

Sacha 221H

**TIYUYACU
INFERIOR**

**7,065' MD /
7,065' TVD**

Hueco
apretado a
7,065'

**TIYUYACU
INFERIOR**

**7,127' MD /
7,127' TVD**

Arcilla
Limolita
Arenisca
Caliza

Disminuye
ROP e
incrementa
torque a
7511' por
encontrar
paquete
masivo de
CHERT

Arcilla
Arenisca
Conglomerado
Chert

NAPO
9,041' MD
8,777' TVD

Lutita
caliza

Sale broca a 9151'

0/1/WT/NS/X/I/CT/TR

1,076 pies @ 34.39
pie/h

PDC;

HUGUES Lodo
PERFLEX
HC505ZX
10.3 lb/gal.
8X13
PV/YP=14/17

WOB=20-30
RPM=130
ROP=10 pie/h

Sale broca a 9415'

2/4/WT/A/X/1/CT/PR

558 pies @ 47.3 pie/h

**Casing 9 5/8" @ 9,400'.
Cementación normal.**

	Sacha 171 H	Sacha 175 H	Sacha 168H	Sacha 221H
Chert	<p>↓</p> <p>Sale broca a 7,511'</p> <p>4/8/RO/TS/X/3/CT-BT/PR</p> <p>3,472 pies @ 37.5 pie/h</p>	<p>Sale broca a 7,300'</p> <p>0/0/WT/T-S/X/I/NO/FM</p> <p>674 pies @ 31.3 pie/h</p>	<p>↓</p> <p>Cambia parámetros sin mejorar ROP</p>	
	<p>Tricónica Lodo</p> <p>REED; HYBTROL;</p> <p>EHP43HKPR; 9.9 lbs/gal</p> <p>3X18+1X14 PV/YP=18/20</p> <p>WOB=8-35K</p> <p>RPM=19</p>	<p>Tricónica Lodo tipo POLYPAC;</p> <p>REED; 10.1 lbs/gal</p> <p>EHP43HK PV/YP=13/16</p> <p>PRDGH; WOB=6-10K</p> <p>3x24 RPM=53-80</p> <p>ROP=13-25</p>	<p>Sale broca a 9,395'</p> <p>1/0/CT/CNS/X/I/WT/BH</p> <p>244 pies @ 10.17 pie/h</p>	
		<p>Bajando tubería, atascamiento</p> <p>7130'.</p>	<p>PDC; Lodo</p> <p>HUGUES PERFLEX;</p> <p>HCM505 10.3 lbs/gal;</p> <p>3X14+ PV/YP=14/18</p> <p>5X15; WOB=10-15</p> <p>Ensamblaje RPM=119+45 direccional</p>	
TENA	<p>Ensamblaje direccional</p> <p>Saliendo tubería hueco apretado a 7965'</p>	<p>TENA</p> <p>7,796' MD /</p> <p>7,795'TVD</p>	<p>CALIZA M-1</p> <p>9,416' MD /</p> <p>9,073' TVD</p>	<p>Reaming hasta 9840' y se pega.</p> <p>Accionan martillo hasta despegar.</p>

Arcilla
Limolita
Arenisca
Caliza

↓
Sale broca a 7800'
2/3/WT/A/E/1/BT/FM
289 pies @ 25.5 pie/hr

PDC;HYC; Lodo
DS104DGJN; HYBTROL;
5x14 + 9.9 lbs/gal
4x12 PV/YP=17/21
Ensamblaje WOB=10-16K
direccional RPM=36-40
ROP=17

7,950' MD



Arcilla
Limolita
Arenisca
Caliza

↓
Sale broca a 7806'
2/5/WT/A7E/I/BT-SD/FM
506 pies @ 16.1 pie/h

HYC; Lodo
DS140HF; POLYPAC;
5x15 10.1 lbs/gal;
+2x16; PV/YP=12/41
Ensamblaje WOB=6-30K
direccional RPM=30-60
ROP=13-25

Prueba de
carburo @
8419';
Diámetro del
hueco 13.02"



Lutita
Caliza

CALIZA M-2
9,760' MD
9,325' TVD



En back
reaming la
tubería se pega
a 8517'.
Trabaja tubería
hasta
despegar.

Sacha 171 H

Sacha 175 H

Sacha 168H

Sacha 221H



Basal Tena
8,712' MD
8,702' TVD

Sacando
tubería hay
restricciones
desde 8,525'
hasta 7,456'.

Sale broca a 8,584'
0/2/CT/T/X/WT/TD
778 pies @ 24.3 pie/h

**Casing 9 5/8" @ 8,578'. Corrida y
cementación normal.**

Lutita
Caliza

CALIZA A
9,845' MD /
9,379' TVD

Lutita
Caliza
arenisca

Sale broca a 9,899'.
0/0/NO/A/X/I/CT/HP
504 pies @ 12.44 pie/h

Tricónica HUGUES;
GTX-1, open

Lodo
PERFLEX;
10.7 lbs/gal
PV/YP=18/24

Sacha 171 H

Sacha 175 H

Sacha 168H

Sacha 221H

Arenisca

Sale broca a 8,752'

Caliza

0/3/WT/A/X/1/CT/PR

lutita

952 pies @ 27.2 lbs/gal

PDC; HYC; Lodo
DS107HDF+ HYBTROL;
GNSUV; 10 lbs/gal

6X15+2X14 PV/YP=23/26
WOB=12-25K
Ensamblaje RPM=40-55
direccional ROP=10

Napo

8,747' MD

8,736' TVD

Caliza

Lutita



Al bajar BHA
liso se pega a
9480'. Trabaja
arriba y abajo
hasta liberar.

Sale broca a 9899'

0/0/NO/A/E/I/NO/TD

**Casing 9 5/8" @ 9778'. Corrida
y cementación normal.**



Sacha 171 H

Sacha 175 H

Sacha 168H

Sacha 221H

Caliza M-1

9,046' MD /

9,011' TVD

Lutita

derrumbable

Caliza M-2

9,215' MD /

9,180 TVD

Caliza A

9,447' MD /

9,345' TVD

Sale broca a 9,523'

0/1/WT/T-S-G/X/I/CT/PR

771 pies @ 9,9 pie/hr

Arenisca U

Superior

9,547' MD /

PDC; Lodo
HYC;DS133D HYBTROL;
GJNSW;
10 lbs/gal;
3x12+2x14;

9,422' TVD	3x16+1x18	PV/YP=23/26
		WOB=15-35K
		RPM=40-50
		ROP=4
Arenisca	Ensamblaje direccional	
Arenisca U Inferior	↓	Al sacar
9,608' MD /		tubería
9,465' TVD		sobretenión
		@ 9630'
Arenisca	Sale broca a 9,749'	
Lutita	2/4/CT/N-T-S/X/I/BT-HC/PR	
	226 pies @ 4.1 pie/h	
	PDC; HYC;	Lodo
	DS107HDF+	HYBTROL;
	GNSUV;	10.2 lbs/gal
	6x15+2x14;	PV/YP=27/27
	Ensamblaje	WOB=15-38K
	direccional	RPM=45
		ROP=4

Sacha 171 H

Sacha 175 H

Sacha 168H

Sacha 221H

Caliza "B"

9,780' MD /

9,584' TVD

Caliza

**Arenisca T
Superior**

9,814' MD /

9,608' TVD

Arenisca

Caliza

**Arenisca T
Inferior**

9952' MD /

9,695' TVD



Sale tubería
para viaje de
control.
Sobretensión
30 K

Sacha 171 H

Sacha 175 H

Sacha 168H

Sacha 221H

Arenisca



Caliza

Sale broca a 9,965'

1/2/WT/X/1/CT-PN/DMF

216 pies @ 4.3 pie/h

PDC; HYC; Lodo
R-DS49HGST; HYBTROL
3x22+1x24;
Ensamblaje 10.2 lbs/gal
direccional PV/YP=32/30



WOB=10-30

RPM=154

Sale broca a 10,015'

1/2/WT/A/X/I/CT/PR

50 pies @ 9.1 pie/h

Sacha 171 H

PDC; HYC; Lodo
DS104DGJN; HYBTROL
4X12 + 3X16 10.2 lbs/gal
+ 2X18; PV/YP=32/30
WOB=10-30
Ensamblaje RPM=40
direccional



Sale broca a 10,054'
0/1/WT/S-G/X/1/CT-BT/PR
39 pies @ 2.8 pie/h

Lodo
PDC; HYC; HYBTROL
DS107HDF+
GPNSUV; 10.2 lbs/gal;
4X14 + PV/YP=31/30
4X15; WOB=10-30
Ensamblaje RPM=154+40
direccional ROP=12-6



Sacha 175 H

Sacha 168H

Sacha 221H

Sacha 171 H

Sacha 175 H

Sacha 168H

Sacha 221H

Sale broca a 10,144'
0/1/WT/A/X/I/CT/BHA
90 pies @ 15.8 pie/hr

PDC; HYC; R- Lodo
DS104DGJNU HYBTROL
4X12 + 4X13 10.2 lbs/gal;
+ 1X14 PV/YP=30/32
Ensamblaje WOB=10-30
direccional RPM=115+0
ROP=3-6

**HOLLIN
SUPERIOR**
10,283' MD /
9,850' TVD
Arenisca
Caliza
Lutita

Sale broca a 10,360';
216 pies @ 8.9 pie/hr

Sacha 171 H

Sacha 175 H

Sacha 168H

Sacha 221H

PDC; HYC;
R-DS104;
Acondicionar
pozo

Baja la misma
broca con
boquillas
abiertas.

Lodo
HYBTROL;
10.2 lbs/gal
PV/YP=31/32

Bajando
ensamblaje se
empaqueta
pozo a 10,286'

Trabajan
tubería arriba
y abajo con
bomba y sin
bomba. Sin
éxito.



Sacha 171 H

Se libera sarta
trabajando
con golpes de
martillo hacia
abajo.



Sale broca a 10,360´;
1/5/CT/X/4/WT/TD

**Bajando casing de 9 5/8", hueco
apretado. Saco a superficie con arrastre
de 50 a 75 KLbs. Bajo nuevamente
casing 9 5/8" se empaqueta debido a
lutitas de Napo y arcillas de Orteguzza.
Trabaja arriba y abajo con torque y
bomba. Liberan.**

**Deciden cementar a 8789´ por
problemas para asentamiento de casing
9 5/8".**

Sacha 175 H

Sacha 168H

Sacha 221H

Sacha 171 H

SECCIÓN 8 ½"

PDC; HYC;
DS49; open

Broca para
moler
cemento y
limpiar fondo

Circula con
retorno de
lutita de napo.
Baja hasta el
fondo 10,360.
Bomba
píldora pesada
y dispersa, y
circula a
limpio. Viaje
corto bombea
píldora y
circula. Saca
herramienta
espoteando
píldora hasta
9,500'.
Normal.

Sale broca a 10360'
0/4/CT/S/X/1/WT/TD

Liner 7" @ 10,358'. Normal.

Sacha 175 H

SECCIÓN 8 ½"

PDC;HYC;

DS49HGNS; PIF con lodo
6X12, 9.5 lbs/gal;
Ensamblaje ECD=12
sin motor lbs/gal

Lodo
VISPLEX;9.8
lbs/gal
PV/YP=21/26
WOB=5-12K
RPM=30-70
ROP=17

Sacha 168H

SECCIÓN 8 ½"

Tricónica HUGUES ATJ-
G8; open

Sale broca a 9,899'

0/0/CT/G/E/I/NO/BHA

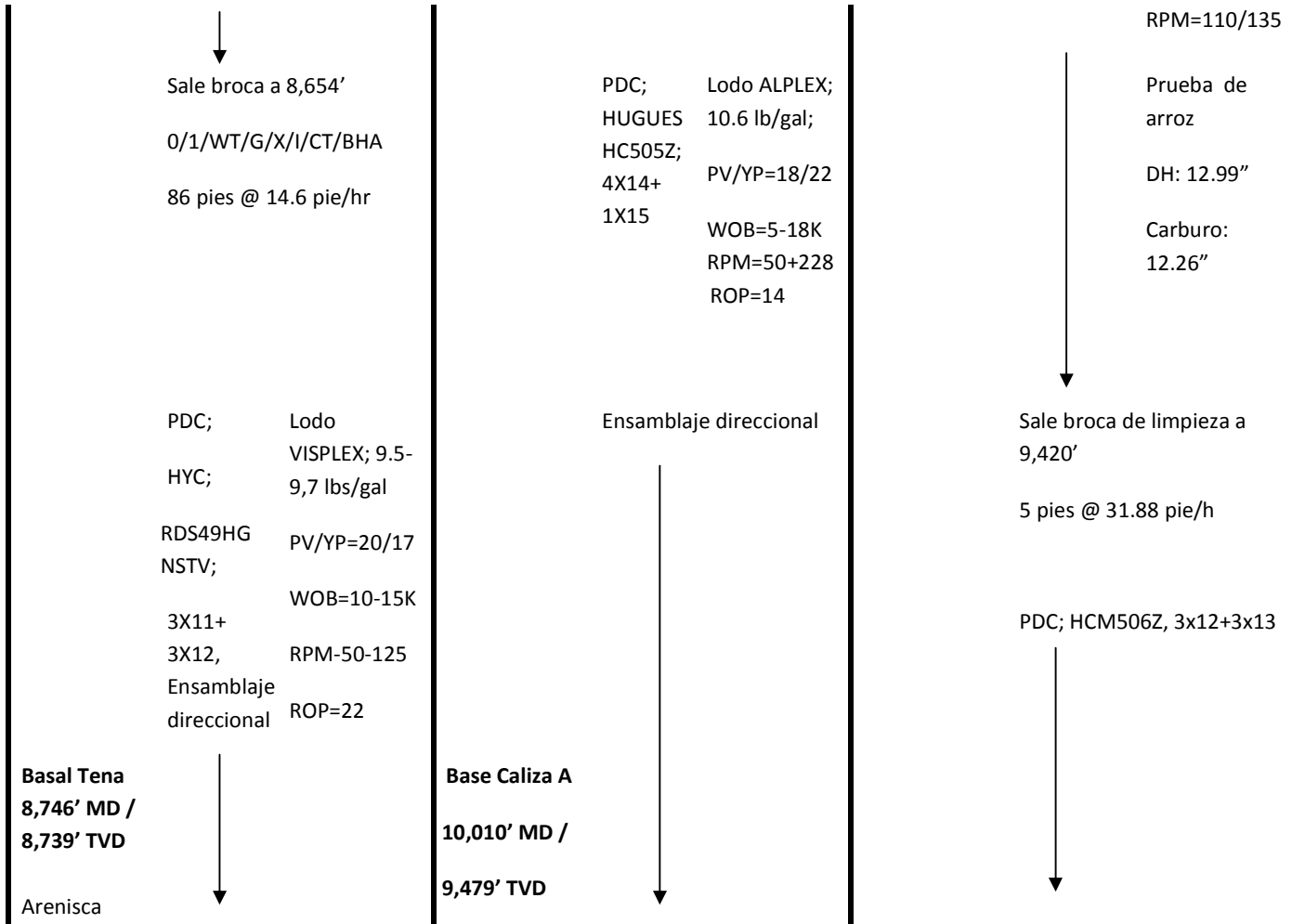
Dientes desgastados

Sacha 221H

SECCIÓN 8 ½"

Tricónica HUGUES ATJ-G8;
open

Lodo
PERFLEX;
10.4 lb/gal
PV/YP=18/19
WOB=30-42K



↓
 Sale broca a 8,654'
 0/1/WT/G/X/I/CT/BHA
 86 pies @ 14.6 pie/hr

PDC; Lodo ALPLEX;
 HUGUES 10.6 lb/gal;
 HC505Z; PV/YP=18/22
 4X14+
 1X15 WOB=5-18K
 RPM=50+228
 ROP=14

RPM=110/135
 Prueba de
 arroz
 DH: 12.99"
 Carbuero:
 12.26"

PDC; Lodo
 VISPLEX; 9.5-
 HYC; 9,7 lbs/gal
 RDS49HG PV/YP=20/17
 NSTV; WOB=10-15K
 3X11+ RPM=50-125
 3X12, Ensamblaje
 direccional ROP=22

Ensamblaje direccional

↓
 Sale broca de limpieza a
 9,420'
 5 pies @ 31.88 pie/h

Basal Tena
8,746' MD /
8,739' TVD

Base Caliza A
10,010' MD /
9,479' TVD

PDC; HCM506Z, 3x12+3x13

Arenisca

Sacha 171 H

Sacha 175 H

Sacha 168H

Sacha 221H

Napo

**8733' MD /
8765' TVD**

Lutita

Hueco
apretado y
tubería
pegada @
8,966'.

Trabaja sarta
y martillo, se
libera sarta.

Sale broca a 9,049',

1/2/WT/SG/X/1/BT/-
CT/BHA

395 pies @ 15.8 pie/hr

"U" superior

10,042 MD /

9,498 TVD

Lutita

Caliza

Arenisca

"U" inferior

**10,146' MD /
9,553' TVD**

Lutita

Caliza

Arenisca

Lodo
PERFLEX,
10.2 lb/gal

PV/YP=16/17
WOB=15-30K
RPM=124
ROP=42.4
pie/h

CALIZA M-1

9748' MD

9099' TVD

Lutita

Caliza

Sacha 171 H

Sacha 175 H

Sacha 168H

Sacha 221H

Caliza L
9086' MD /
9063' TVD

PDC; HYC; Lodo
R- VISPLEX;
DS49HGNS 9.9 lbs/gl;
TV; 3X11 +
3+12, PV/YP=32/26
Ensamblaje
direccional WOB=5-7 K

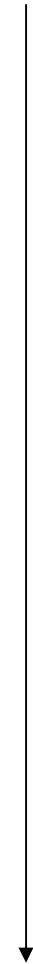
RPM=25-125
ROP=9-16



Sale broca a 9,158'
1/2WT/SG/X/1/BT-
CT/BHA

109 pies @ 15.6 pie/hr

CALIZA M-2
10,017' MD /
9,324' TVD

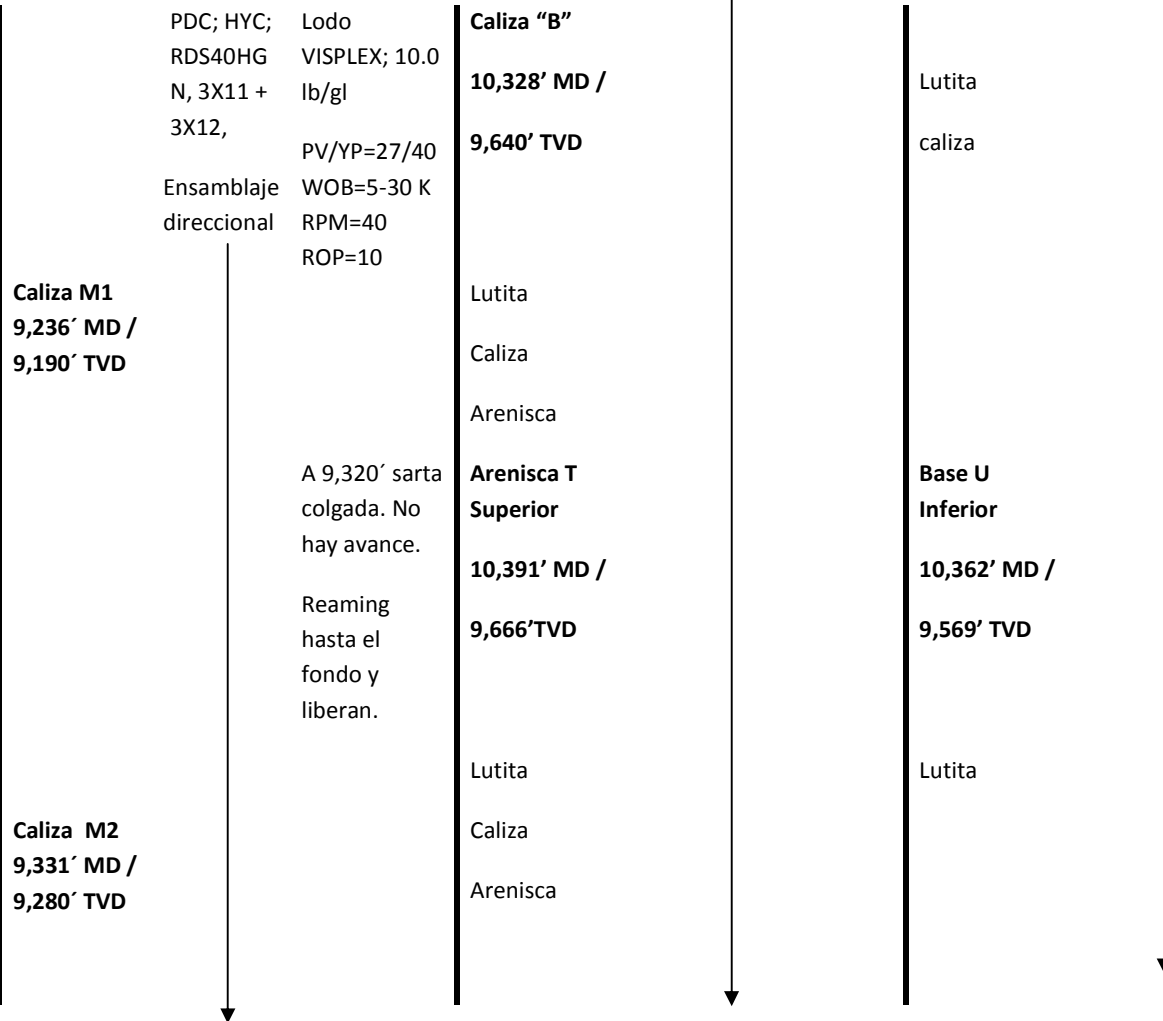


Sacha 171 H

Sacha 175 H

Sacha 168H

Sacha 221H



Sacha 171 H

Sacha 175 H

Sacha 168H

Sacha 221H

Caliza A
9446' MD /
9,374' TVD

Caliza
Lutita

U Superior
9,554' MD /
9,456' TVD

Arenisca

U Inferior
9,621' MD /
9,503' TVD

Arenisca
Lutita

A 9531' no
existe
arrastre pero
el torque es
normal.

Sale broca a 9711',
1/4/CT/S-G/X/1/BT-HC/PR
953 pies @ 9.7 pie/hr

Sacha 171 H

Sacha 175 H

Sacha 168H

Sacha 221H

PDC,
Reed,
EHP51AF
KPRDGH,
1X15 +
2X18,

Ensamblaje
direccional



Al salir broca
pega
diferencial de
sarta a 9711'.
Maniobra y
libera sarta.

Sale broca a 9,733',
0/1/WT/G/F/1/CT/TQ, 22
pies @ 1.9 pie/hr

Avance lento.
Revisión BHA
a 10,659'



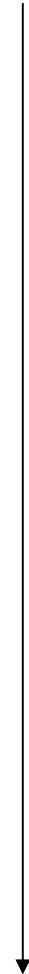
**Arenisca "T"
Inferior**
10,685' MD /
9,755' TVD

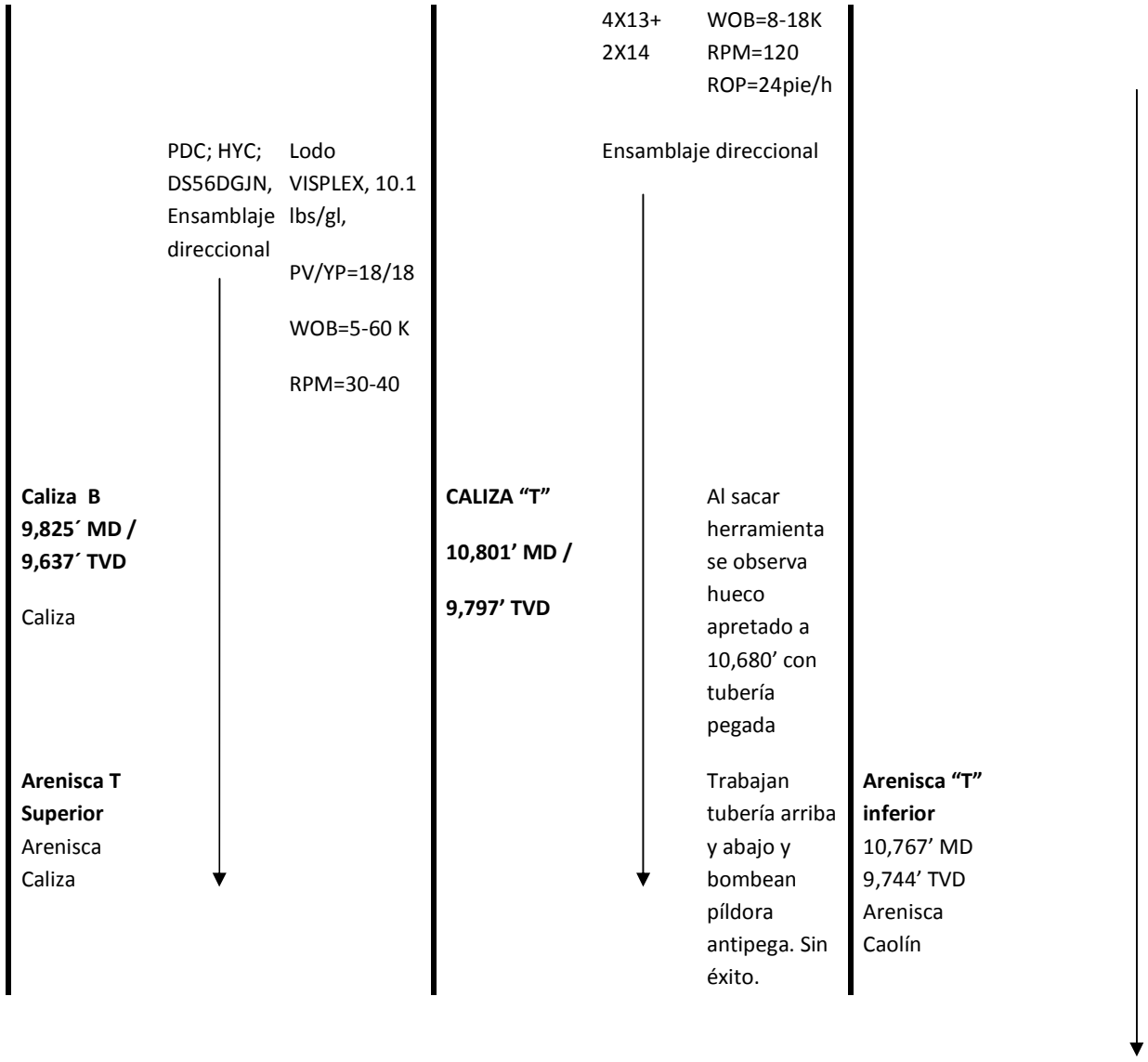
Sale broca a 10,685'
1/2/WT/A/X/I/NO/PR
786 pies @ 14 pie/h

PDC; Lodo ALPLEX;
HUGUES 11.1 lbs/gal
HCR606; PV/YP=19/28

Caliza B
10,530' MD /
9,659' TVD
Lutita

**Arenisca T
Superior**
10,586' MD /
9,682' TVD
Arenisca





Sacha 171 H

Sacha 175 H

Sacha 168H

Sacha 221H

**Arenisca T
Inferior
10,034' MD /
9,740' TVD**

↓
Sale broca a 10,407',
4/5/WT/A/X/I/CT/HP
674 pies @ 8.8 pie/hr

PDC; HYC; Lodo VISPLEX
DS56DGJ,
4X10 + 10.4 lb/gl;
3X15; PV/YP=30/40
Open WOB=10-50 K
RPM=30-40
ROP=12

Broca usada
para rimar y
acondicionar el
pozo. Sarta se
pega por
empaquetami
del pozo a
10336' en viaje

Basal Napo
10,821' MD /
9,813' TVD
Lutita

Punto libre a
10,628'

Se realiza
back off a
10,533'. Con
éxito.

Queda 147'
BHA pescado.
Sacar tubería
bajan BHA de
pesca y
recuperan
herramienta.

↓
Sale broca a 11,028'
0/1/WT/NS/X/I/NO/BHA
1,608 pies @ 26.1 pie/h

Sacha 171 H

Sacha 175 H

Sacha 168H

Sacha 221H

Hollín Superior
10,484' MD
9,894' TVD

Arenisca

Caliza

Trabaja tubería con torsión y tensión hasta liberar.

Pega de tubería a 10541' pierde circulación por empaquetamiento. Trabaja sarta sin resultados.

Bajaron coiled tubing. Sin éxito. Se realiza cañoneo de 1-11/16 a 10378'. Baja herramienta y detecta punto libre a 9473'.

Hollín Superior
11,172' MD /
9,877' TVD

Tricónica; MXL-18DX,3x18;
Ensamblaje direccional

Lodo
PERFLEX;
10,8 lbs/gal
PV/YP=23/25
WOB=40-50K
RPM=134+50
ROP=10-15
pie/h

Pega de tubería y Pierde circulación a 10350'

Viaje de control con sobretensión

A 11,130' pega

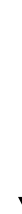
Se baja
densidad del
lodo a 10.2
lb/gl.

Bombee 50 bls
de píldora
antipega y
ubica en Arena
U y T (10,200'-
9,500'). Intenta
backoff a
10,000'.
Sin éxito. Se
produce
backoff
mecánico.
Pescado a
9,125'.
Baja con
tubería y se
conecta al
pescado.



Sale broca a 11,186'

PDC; Lodo ALPLEX;
HUGUES 11.2 lb/gal
HC505Z;
open PV/YP=19/24



de tubería a
11,308'.

Trabaja con
tensión y
libera.

Sale broca @11,434'

7/7/CD-BC/A/F/1/BT-
JD/HR

PDC; Lodo
HCM50Z; PERFLEX;
Open, 10.9 lbs/gal;
Ensamblaje
direccional PV/YP=22/26

WOB=20-25K

RPM=148+80

ROP=15.54
pie/h

Prueba de
arroz.

Diámetro del
pozo 9.5"



Sale broca @11,434'

Sacha 171 H

Sacha 175 H

Sacha 168H

Sacha 221H

Backoff a
10,326'.
Baja con sarta
de pesca y se
conecta.
Intenta liberar
junta de
seguridad. Sin
éxito.
Tope de
pescado 9571'.

Baja con sarta y
se conecta.
Intento de
corte de
tubería a
10,332'.
Sin éxito.
Determina
punto libre a
9,600' (Arena
U y T).
Baja peso del
lodo a 9.9 lb/gl.
Bombea píldora

Sale broca a 11,186'
1/2/WT/A/X/I/CT/PR
501 pies @ 25.3 pie/hr

**Liner 7" @ 11,184'. Corrida y
cementación normal.**

**Baja liner de 7". Se pega liner a
11390'. Baja peso del lodo a 10,5
ppg. Bombea píldora antipega y
libera.**

Liner 7" @ 11,432'.

antipega.
Realiza corte
químico a 9940'.
Tope de tapón
de cemento a
9281'.
Sube peso del
lodo Visplex a
10.5 lb/gl. Se
observa
derrumbes en
zarandas y sube
peso a 10.6
lb/gl.

SIDETRACK 1 @ 9,381'

PDC,
Reed HP
12; 3x22;
Broca de
limpieza

Lutita
Caliza
Arenisca



Rima desde
9640' a 9757'.
Tendencia de
empaquetam.
Sube peso del
lodo a 10.9
lbs/gl.

Sacha 171 H

Sacha 175 H

Sacha 168H

Sacha 221H

sale broca a 9,700'

419 pies @ 83.8 pie/hr

PDC HYC; Lodo VISPLEX;
DS49HGN, 10.2 lb/gl,
6x22;
Ensamblaje PV/YP=13/25
direccional WOB=7-18K

RPM=80

ROP=40



Sale broca a 9991',

1/3/CT/G/X/1/WT/HP,

291 pies @ 11.2 pie/hr

Intento de
sidetrack. Sin
éxito.

Sacha 171 H

Sacha 175 H

Sacha 168H

Sacha 221H

SIDETRACK 2 @ 8,425'

Realizan nuevo
tapón de
cemento

Tricónica Lodo VISPLEX,
Reed R- 10.1 lb/gl
HP 12,
3x22. PV/YP=15/17
Limpieza WOB=5-15 K
de RPM=80
cemento

ROP=30



sale broca a 8,852'
2/2/WT/A/F/1/NO/BHA

450 pies @ 31 pie/hr

Caliza L PDC; Lodo VISPLEX,
9091' MD / DS56DGJ 10.4 lb/gl
9061' TVD NSV; 3x14
+ 4X10 PV/YP=20/32

WOB=10-35 K

RPM=30-40

ROP=10

Caliza M2
9,339' MD /
9,278' TVD

Caliza A
9,459' MD /
9,375' TVD

U Superior
9,568' MD /
9,453' TVD

U Inferior
9,621' MD /
9,503' TVD



sale broca a 9,757';
0+/1/WT/N-S/X/1/CT/PR;

905 pies @ 9.9 pie/hr

Sacha 171 H

Sacha 175 H

Sacha 168H

Sacha 221H

PDC; HYC; Lodo VISPLEX,
DS49HGN 10.9 lb/gl
TV, 3x14
+ 3X12. PV/YP=32/43

WOB=15-35 K

RPM=40-55

ROP=15

Caliza B
9,847' MD /
9,636' TVD

Arenisca T
Superior

9873' MD /
9652' TVD

Arenisca

Caliza

Arenisca T
Inferior
10,035' MD /
9,742' TVD



Sacha 171 H

Sacha 175 H

Sacha 168H

Sacha 221H

Lutita
Caliza
Arenisca

sale broca a 10,053'.
2/4/WT/A/X/2/CT/TQ

296 pies @ 10.7 pie/hr

PDC; HYC; Lodo VISPLEX,
DS49HGN 11.2 lb/gl

TV, 3X15 PV/YP=24/37

+ 3X12 WOB=15-35 K

RPM=45

ROP=7-10

Empaquetam
iento de sarta
a 10,355'.

Trabaja y
libera.

Sacha 171 H

Sacha 175 H

Sacha 168H

Sacha 221H

Sale broca a 10,418'
1/2/BT/NS/X/1/WT-BT/HP,
90 @ 7.5 pie/hr

Hollín PDC HYC; Lodo VISPLEX,
Superior DS56DGJ 11.2 lb/gl
10,422' MD NSV, 3x15
9,893' TVD + 4X10 PV/YP=25/26
WOB=10-55 K
Arenisca RPM=45-65
Caliza ROP=10

Hollín Inferior
10,520' MD
9,910' TVD

Muestras Sale broca a 10,610',
contaminad 0/1/WT/NS/X/1/CT/TD;
as con 191 pies @ 10.3 pie/hr
CaCO₃,
LubraGlide y
lutitas re-
trabajadas
a 10,610'.

**Bajan liner de 7" y se pega a
10,312'. Baja el peso de lodo de
11.2 a 10.8 lbs/gl.
Liner 7" @ 10323'.**

Sacha 171 H

SECCION 6 1/8"

Arenisca "T" Inferior	PDC; HYC; DS71HGNS;	Lodo HYBTROL; 10.2 lbs/gal;
10,035' MD / 9,742' TVD	Open	PV/YP=15/26
	Ensamblaje direccional	Bajan sarta lisa de limpieza
	↓	
Caliza	Sale broca a 10,372'	
Lutita	3/1/LT/C-N/X/1/WT/BHA	
	PDC;HYC;	Lodo FLOPRO
	DSX72HGNS ;3X10;	8.8 lbs/gal PV/YP=13/35 WOB=10K
	Ensamblaje direccional	RPM=50 ROP=20pie/h
	↓	

Sacha 175 H

SECCION 6 1/8"

Presencia de caolín, carbón entre 10,658' - 10,668' MD	PDC, HYC, DS72HNS, 3x18, Ensamblaje direccional	Lodo FLOPRO, 10.3 lb/gl PV/YP=14/50 WOB=15-20 K
		RPM=60 ROP=8-10
	↓	
		sale broca a 10,990', 7/4/RO/C-N/X/2/BT/PR

Sacha 168H

SECCION 6 1/8"

PDC; HUGUES HCM406Z Open	Lodo PER-FLOW; 9,2 lbs/gal PV/YP=17/23
↓	
	PIF@600 psi ECD=10.4 lbs/gal
	Sale broca a 11,196'
	0/1/LT/G/X/I/N/O/BHA
	PDC; HUGUES HCM406Z; 3x14
↓	
	Lodo PERFLOW

Sacha 221H

SECCION 6 1/8"

PDC; AB; open	Cambio de fluido PERFLEX a PERFLOW 9.2 lbs/gal
↓	
	WOB=8-14K RPM=6-3 ROP=68 pie/h
	PIF@600psi ECD=10.4 lb/gal
	Sale broca a 11,550'
	PDC; HYC HCM406Z; 3x14; Ensamblaje direccional
↓	

Hollín inferior
10,560' MD /
9,904' TVD

380 pies @ 8.4 pie/hr

PDC; HYC; Lodo FLOPRO,
DS72HGN 10.3 lb/gal
S, 3X18

PV/YP=17/53

WOB=15-27 K

RPM=52-54

ROP=13-15

sale broca a 11,267',
1/1/WT/N/X/1/NO/DMF

277 pies @ 8.5 pie/hr

Hollín inferior

11,614 MD /

9,912 TVD

Caliza

Arenisca

DIF; 9.3
lbs/gal

PV/YP=24/29

WOB=8-12

RPM=130

ROP=18 pie/h

Sacan
herramienta
y detectan
washout a
10,591'

Sale broca a 11,855'

0/1/WT/NS/X/I/CT/DSF

305 pies @ 44.1 pie/h

PDC,

HC505ZX

5x11

Ensamblaje direccional

Sacha 171 H

↓

Sale broca a 11,334'

1/1/ER-WT/N-S/X/1/BT-CT/BHA

962 pies @ 19.8 lbs/gal

PDC; Hyc; Lodo FLOPRO;
DSX72HGNS; 8.9 lbs/gal

3x10 PV/YP=12/46

Ensamblaje WOB=15-40K
direccional RPM=55-75

↓

Sale broca a 12,063'

1/0/WT/A/X/1/ER/TD

729 pies @ 20.3 lbs/gal

Sacha 175 H

PDC, Lodo FLOPRO,
Hycalog 10.3 lb/gl
DS72HGNS, PV/YP=15/74
3X18 WOB=15-20 K
RPM=146
ROP=8-17

↓

Sacha 168H

↓

Sale broca a 11,661'

0/0/NO/A/X/I/NO/BHA

PDC; Lodo
HUGUES PERFLOW
DIF; 10.0 lbs/gal

HCM406Z 3x13 PV/YP=28/34

Ensamblaje WOB=2-5
direccional RPM=112
ROP= 7 pie/h

Sacha 221H

Lodo
PERFLOW;
9.2 lbs/gal
PV/YP=20/23

Pérdida de presión en la sarta.

Alto torque a @ 11,715'
pérdida de 80 Klbs de peso
y presión a 1,500 psi.
Pescado a 8670'. Baja
overshot 8 1/2". Baja junk
mill.

Sacha 171 H

Inclinación 90°
Desplaza lodo FLOPRO con KCL de 8.8 lbs/gal.

Ubica píldora de hipoclorito de litio en hueco abierto.

Profundidad Total:

12,063' MD /

9,991 TVD

Liner ranurado 5" @ 12,080'.

Sacha 175 H

sale broca a 11,428',
1/2/WT/A/X/1/CT/BHA
161 pies @ 5.5 pie/hr



PDC; HYC; Lodo FLOPRO,
DS72HGN 10.3 lb/gl
S; 3X18 PV/YP=16/78
WOB=25 K
RPM=150
ROP=13-15

Sacha 168H

Reaming hasta 11,552'



No hay avance debido al excesivo torque e incremento de presión

Sale broca a 11,742'

0/0/NO/A/X/I/NO/BHA

81 pies @ 11.57 pie/h

Sacha 221H

Arman nuevo BHA moledor de 7 3/4" y junk mill de 7 3/4". Acondicionan y sacan. Bombean píldora antipegas y tensionan.

Sacha 171 H

Sacha 175 H

Sacha 168H

Sacha 221H

PDC; HYC; Lodo FLOPRO,
DS72HGN; 10.3 lb/gl
3X18;
Ensamblaje direccional
PV/YP=17/70
WOB=18-80 K
RPM=45-75
ROP=13-15

Limolita
Arenisca

Lutita
Caolinita
Arenisca

PDC; HUGUES;
HCM406Z; 3X14
Ensamblaje direccional

Lodo
PERFLOW
DIF; 10.2
lbs/gal
PV/YP=29/36
WOB=12-15
RPM=120

Sale broca a 11,830 pies
0/1/BT/G/X/I/NO/BHA
88pies @17.6 pie/h

Tricónica, HUGUES;STX-
20DX;3X14;
Ensamblaje direccional

Lodo
PERFLOW
DIF; 10.3
lbs/gal

SLB baja herramienta FPIT y
no pasa a 8,678' y saca.
Cambio de lodo por agua.
Trabaja tubería sin éxito.
Baja unidad de coiled tubing
hasta 8675' y no pasa.

Libera overshot y saca.

Baja junk mil de 8 ¼" con
campana. Muele 2 pies y
acondiciona cabeza de
pescado.

Tope de pescado (TOF) a
10,483'. Intenta circular
sin éxito.

Trabaja tubería sin éxito y
bajan coiled tubing para
back off.

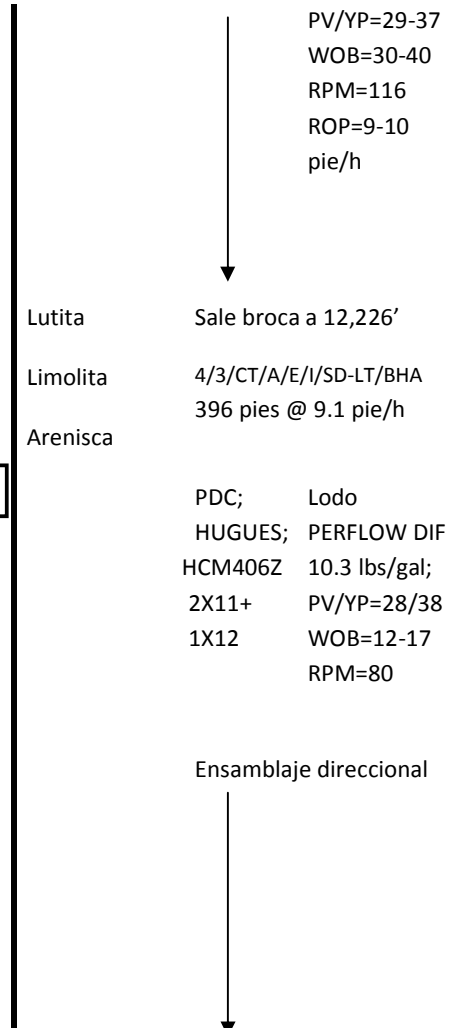
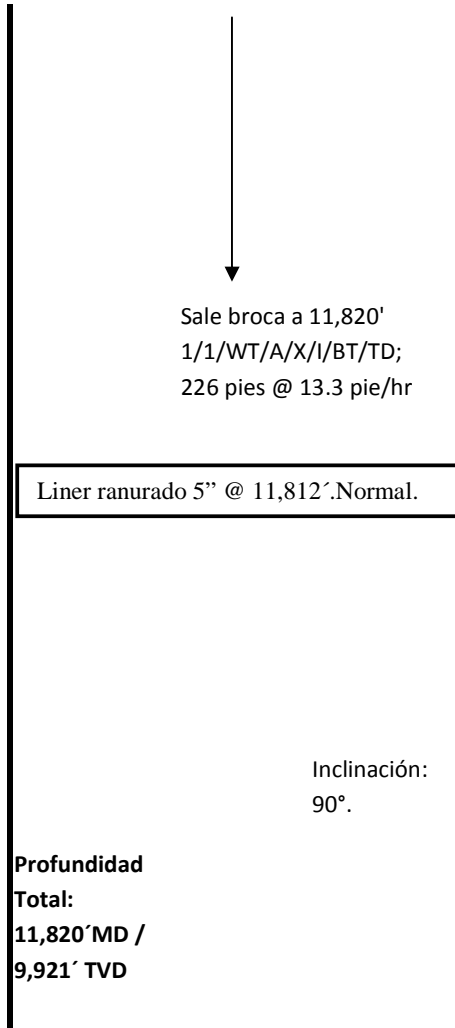
Baja nuevamente
overshot. Intenta pesca.
Sin éxito. SLB intenta back
off sin éxito. Saca
ensamblaje y termina
operaciones.

Sacha 171 H

Sacha 175 H

Sacha 168H

Sacha 221H



**Se abandona el pozo Sacha
221 H.**

Sacha 171 H

Sacha 175 H

Sacha 168H

Desplaza lodo de 10,4 lbs/gal por KCl de 8,8 lbs/gal. Ubica píldora de hipoclorito de sodio.

Profundidad Total:
12,473' MD /
9,962' TVD

Sale broca a 12,473'

0/1/BT/G/X/I/NO/TD

247' @ 16.5 pie/h

Tricónica Lodo
REED; SL PERFLOW
12T. DIF; 10.4
lbs/gal;
PV/YP=28/39

Desplazan fluido de perforación con KCL de 8.5 lbs/gal
Inclinación 85°.

Bajan liner ranurado 5". No hay avance debido al liner pegado. Trabajan herramienta pegada hacia arriba y abajo. Sin éxito. Cambian sistema de lodo por agua fresca de 8.4 lbs/gal. Bombean 20 bbls de píldora antipegas. Bajan coiled tubing. Nuevamente bombean 65 bls de píldora antipegas. Trabajan tubería hasta arriba y despegan liner.

Liner ranurado @ 12,473'.

2.4 PRINCIPALES PROBLEMAS PRESENTADOS EN LA PERFORACIÓN DE POZOS HORIZONTALES DEL CAMPO SACHA

El análisis de la información de pozos horizontales perforados en el Campo Sacha evalúa los peligros potenciales que se presentaron en cada uno de ellos y su pérdida de tiempo asociada.

En los anexos 2.1 a 2.4 se presentan las gráficas de las propiedades más relevantes del lodo de perforación vs profundidad como: densidad del lodo, viscosidad plástica, punto cedente, porcentaje de volumen de sólidos, filtrado de costra de lodo, MBT y geles. Esto es de gran ayuda para poder visualizar de mejor manera el desarrollo de cada pozo y la variación de sus parámetros, especialmente en los problemas de cada pozo.

En las secciones conductora y superficial se presentaron principalmente los siguientes problemas:

- Embolamiento de broca y problemas de ensamblaje a nivel de la Formación Chalcana.
- En el intervalo de 1,312 – 1,602 pies MD se observó hueco apretado debido a la presencia del conglomerado.
- Hueco anillado a 365 pies MD y presencia de abundante material en zarandas
- Pérdida de nivel de cemento en casing conductor y superficial, se realiza cementación remedial (top job).
- La reacción de las arcillas (gumbo) se manifiesta taponando la línea de flujo.
- Carga anular durante la perforación debido al alto ROP.
- El tiempo no productivo generado en estas secciones considerando principalmente los problemas descritos anteriormente corresponde a 96 horas.

En la sección intermedia se presentaron principalmente los siguientes problemas:

- Cambio de BHA por bajo ROP a nivel de la Formación Basal Tena.
- Hueco apretado en Orteguzza entre 4,490 y 5,308 pies MD.
- Presencia de chert en Tiyuyacu entre 6,500 y 6,570 pies MD.
- Bajo HSI debido a puertos fijos.
- Hueco apretado en Tiyuyacu a 7,075 pies MD.
- Perfora con parámetros controlados. Sin embargo, la broca sale con gran desgaste en Tiyuyacu debido al chert.
- Derrumbe de lutitas en la Formación Napo.
- Sobretensión en la Arena U inferior a 9,630 pies MD.
- Baja ROP en la Arena T inferior a 10,054 pies MD.
- Hueco apretado después de la Arena T inferior entre 9,370 y 9,843 pies MD.
- Empaquetamiento del pozo a 10,236 pies MD debido a inestabilidad de la lutita de la formación Napo.
- Empaquetamiento de casing de 9 5/8".
- El tiempo no productivo generado en estas secciones considerando principalmente los problemas descritos anteriormente corresponde a 66 horas.

En la sección de liner intermedio se presentaron principalmente los siguientes problemas:

- Pega de tubería a 8,966 pies en la formación Napo.
- Frecuente uso de back reaming en los viajes.
- Pega diferencial a 9,711' a nivel de la Arena U Inferior.
- Empaquetamiento del pozo a 10,541', pierde circulación. Punto libre a 9,473'. Baja peso del lodo de 10.4 a 10.2 lb/gal.
- Bombea píldora antipega. Realiza backoff, intento de corte de tubería, baja peso del lodo a 9.2 lb/gal, bombea píldora antipega y realiza corte químico.

- Sidetrack 1 a 9,381' sin éxito.
- Inicia con peso de 10.2 lb/gal pero hay tendencia a empaquetamiento, sube a 10.9 lb/gal.
- Side track 2 a 8,245'.
- Peso de lodo 10.9 lb/gal, tendencia a empaquetamiento sube a 11,2 lb/gal.
- Empaquetamiento a 10,355' MD.
- Baja liner de 7" se pega a 10,312', baja peso a 10.8 lb/gal.
- Bajo ROP en Arena T inferior.
- Pega de tubería a 10,680'.
- Pega diferencial a 10,745', bombea píldora antipega.
- Empaquetamiento, pierde circulación, lutitas inestables.
- Pega de liner de 7".
- El tiempo no productivo generado en estas secciones considerando principalmente los problemas descritos anteriormente corresponde a 303 horas.

La sección productora presentó principalmente los siguientes problemas:

- Wash out en tubería.
- Pérdida de presión, alto torque, pérdida de peso de la sarta – pescado a 8,670'. Posible expansión de la caja del HWDP.
- Después de intentar recuperar el pescado por 20 días sin éxito, se abandonó el pozo Sacha 221H.
- El tiempo no productivo generado en estas secciones considerando principalmente los problemas descritos anteriormente corresponde a 250 horas.
- Taponamiento de líneas de flujo.
- Problemas principalmente de orientación de herramientas.

2.5 COMPORTAMIENTO DEL FLUIDO DE PERFORACIÓN

- En la sección conductora y superficial desde 5400 a 6300 pies se observa disminución de las propiedades del lodo debido a la disminución del peso del lodo.
- En la sección intermedia una profundidad promedio de ,000 pies la fase acuosa se pierde, no hay presencia de material compacto por lo que se observa tendencia de incremento de filtrado. Así, también se observa que la densidad del lodo tiende a incrementarse ajustándose al incremento del gradiente de presión.
- El incremento del porcentaje de sólidos en el sistema justifica el incremento de la viscosidad plástica a una profundidad promedio de 9,800 pies. Se observa tendencia leve de incremento de YP por los contaminantes solubles como el calcio, carbonatos, etc., y por los sólidos arcillosos de formación. Altos valores del punto cedente causan la floculación del lodo, que debe controlarse con dispersantes.
- La sección de liner intermedio presenta una variación de la densidad del lodo de 10.4 a 10.2 lb/gal. a una profundidad promedio de 9,473'. La gelatinización debe ser suficiente para permitir la suspensión de la barita y los sólidos cuando se está añadiendo barita, al estar el lodo estático y en el acarreo de ripios.
- La sección productora presenta problemas en presencia de lutitas inestables que afectan las propiedades del lodo y varían los parámetros de la perforación. Existe disminución del peso y cambio del sistema de lodo a una profundidad de 9,900 pies. Incremento de MBT lo que indica insuficiencia de polímeros en el lodo o mal funcionamiento de los equipos de control de sólidos.

CAPÍTULO III

DISEÑO DEL POZO PROPUESTO

3.1 INTRODUCCIÓN

Este capítulo tiene como objetivo delinear los criterios de diseño del pozo propuesto en cuanto se refiere a especificaciones de casing, profundidades de asentamiento relativo a topes de formaciones, topes de cemento y requerimientos especiales, tipos de fluidos de perforación y aditivos, requerimientos de estimulación de la zona de interés, fluido de completación, herramientas de completación y cabezal requerido; y ciertos requerimientos direccionales. Esto permitirá que en el siguiente capítulo correspondiente al programa de perforación propuesto se presente en detalle y de manera específica: profundidades, rango de parámetros a ser usados, especificaciones técnicas de equipos, herramientas y accesorios a ser usados. De esta manera el programa de perforación permitirá cumplir con el diseño de pozo de manera segura y a un costo eficaz.

Los criterios de diseño toman como base los problemas y peligros potenciales obtenidos del análisis de información de pozos de control en el capítulo anterior. Cada criterio de diseño asumido o recomendado pretende dar las pautas para solucionar un problema, o reducir riesgos potenciales en base a las posibles causas que están generando dicho problema.

3.2. DISEÑO DEL POZO

3.2.1. SECCIÓN CONDUCTORA

La sección conductora puede ser realizada mediante dos métodos:

1. El pilotaje del revestimiento conductor de 20", tal y cual como ha sido realizado en algunos pozos y ha cumplido sus funciones sin ningún problema. La profundidad de asentamiento es alrededor de 40 pies.

2. Perforación del hueco conductor con broca tricónica de 26" con jet central para mejorar la limpieza del pozo hasta una profundidad entre 100 a 200 pies. Revestimiento de 20" debe ser corrido y cementado hasta superficie. Se recomienda perforar, correr y cementar el revestidor lo más pronto posible para evitar excesivo agrandamiento del hueco debido a la baja compactación de la formación. Además, si la plataforma tiene un considerable relleno de grava hay que tomar en cuenta la consideración anterior para evitar colapsar el contrapozo.

En cuanto a la cementación del conductor se debe considerar la posibilidad de usar un material sellante que elimine la pérdida de cemento y no sea necesario realizar un trabajo de remediación (top job).

El lodo de perforación a usarse será lodo base gel con peso promedio entre 8.9 – 9.0 lb/gal.

3.2.2 SECCION SUPERFICIAL

Iniciar esta sección con broca tricónica de 17 ½” para perforar el zapato, los conglomerados y boulders con la finalidad de evitar daño a la siguiente broca PDC a ser corrida.

Continuar con broca PDC de 17 ½” hasta el Tope de la Formación Orteguaza.

Revestimiento de 13 3/8” debe ser corrido y cementado hasta superficie. Considerar la adición de material sellante o la instalación de canastas en el casing para evitar pérdida del cemento durante y después de la cementación.

El sistema de lodo debe estar compuesto básicamente complejo de aluminio, inhibidores de arcillas, material sellante y polímeros con un peso promedio entre 9.0 y 9.7 lb/gal. Controlar las altas tasas de perforación que se pueden lograr en esta sección para evitar saturar la capacidad de acarreo del lodo y taponamiento de la línea de flujo.

Instalación de la sección “A” de 13 5/8” x 5M con cuñas para casing de 13 3/8” y casing de 9 5/8” con 2 salidas laterales de 2 1/16” x 5M.

3.2.3 SECCIÓN INTERMEDIA

Iniciar la perforación de esta sección con broca PDC de 12 ¼” con parámetros normales hasta el posible paquete de chert de acuerdo a la prognosis. Perforar el chert con parámetros reducidos pero dentro del rango operativo del motor. Si después de perforar el chert la broca mantiene un buen comportamiento de perforación, terminar la sección hasta la base de la formación Napo con esta misma broca. Caso contrario continuar la perforación con una nueva broca PDC.

Por recomendación de personal del departamento de Ingeniería de yacimientos el rumbo de la sección lateral (horizontal) tendrá un azimuth de 10.5°.

Casing de 9 5/8" debe ser corrido y cementado hasta 200 pies dentro del casing de 13 3/8". Instalación de la sección "B" de 13 5/8" 5M x 11" 5M con 2 salidas laterales de 2 1/16" x 5M.

El sistema de lodo a usarse en esta sección es el mismo de la sección anterior con peso aproximado entre 9.5 – 11.0 lb/gal. En esta sección es de gran importancia mantener e incrementar las concentraciones del complejo de aluminio, inhibidores de arcillas, materiales sellantes y puenteantes. Además, material de lubricación para evitar embolamiento de brocas, entre otros.

3.2.4 SECCIÓN DE LINER INTERMEDIO

Iniciar esta sección con broca PDC de 8 ½ pulgadas hasta llegar a la zona de interés a una profundidad promedio de 10,620 pies llegando al tope de la formación Hollín Principal.

Se recomienda alcanzar una inclinación de 85 grados y un azimuth de 10.5.

El tope del colgador del liner está diseñado para ser asentado 150 pies arriba del zapato del casing anterior de 9-5/8" (over-lap).

La operación tiene por objetivo cementar y proteger las zonas de producción secundaria: "Napo" y "U" principal.

El sistema de lodo que será utilizado en esta sección es el complejo de aluminio con un peso aproximado de 9.2-10.0 lb/gal.

Es importante mantener las concentraciones descritas en la sección anterior a fin de evitar principalmente el hinchamiento de arcillas presentes entre las formaciones Napo y Hollín Superior.

3.2.5 SECCIÓN PRODUCCIÓN (LATERAL)

Iniciar esta sección con broca PDC de 6 1/8 pulgadas a una profundidad promedio de 11,080 pies MD navegando la formación Hollín Principal. En caso de presentarse problemas de atascamiento de BHA y broca debido a la inestabilidad del hueco, continuar la perforación con nueva broca PDC de 6 1/8" hasta alcanzar la profundidad total planeada 11,425 pies MD.

Se recomienda mantener una ventana de navegación entre 89 y 90 grados y un azimuth de 10.5, a fin de mantener un rango de seguridad del contacto agua petróleo.

Asentar liner ranurado de 5 pulgadas en la formación Hollín Principal, debido a la presencia de arena altamente consolidada.

El sistema de lodo a usarse en esta sección es DRILL IN con un peso aproximado de 8.8 – 9.1 lb/gal.

Se recomienda disminuir las concentraciones del complejo de aluminio, no utilizar barita y utilizar concentraciones adecuadas con carbonato de calcio, como material pesante.

Se instalará tubing bonnet de 11 x 5M – 4 1/16" 5M, válvula máster de 4 1/16" 5M, dado o cruz de 4 1/16" 5M, válvula lateral de 4 1/16" 5M para un sistema BES.

Previo a la completación se recomienda realizar un trabajo de limpieza del pozo, un tratamiento de enzimas y ácidos atenuando el daño de formación.

CAPÍTULO IV

PROGRAMA DEL POZO

4.1 INTRODUCCIÓN

En el capítulo anterior se describieron los criterios de diseño del pozo necesarios para su arreglo final cuando esté completado. Este capítulo tiene la finalidad de presentar un programa, que define los métodos necesarios para asegurar que el diseño del pozo y los objetivos sean logrados de forma segura y a un costo efectivo.

4.2 INFORMACIÓN GENERAL

Como objetivo principal de este trabajo de investigación es proponer un programa de perforación que por convención se lo denominará “Pozo Propuesto Sacha Horizontal”. El Pozo Propuesto Sacha Horizontal tiene como objetivo primario la formación Hollín Principal y estaría ubicado en el Área Norte del Campo Sacha en la provincia Francisco de Orellana.

Las coordenadas UTM sugeridas por personal del Departamento de Ingeniería de Yacimientos serían las siguientes:

Salida: 9,970,892,1 m

294,740,8 m

Llegada: 9,971,671,4 m

295,259,3 m

El anexo 4.1 presenta la ubicación geográfica del pozo Sacha Propuesto Horizontal.

Los objetivos secundarios de este trabajo de investigación serían las areniscas “U” inferior y “T” inferior.

4.3 PROGRAMA GEOLÓGICO

4.3.1 PROGNOSIS GEOLÓGICA

Sacha Horizontal es un pozo de desarrollo propuesto para alcanzar la formación Hollín Principal y navegar en una sección lateral de 800 pies con ángulo entre 89° y 91° y azimuth de 10.5°. Se recomienda navegar en una ventana de 6 pies en TVD tomando como eje de referencia el punto de aterrizaje (3 pies TVD hacia arriba o 3 pies hacia abajo).

La tabla 4.1 presenta la prognosis geológica en base a correlaciones realizadas sobre pozos vecinos.

El anexo 4.2 presenta el mapa estructural de la formación Hollín Principal. Por tanto el Pozo Sacha Propuesto horizontal estaría ubicado en un alto estructural y que presenta buenas propiedades petrofísicas.

4.3.2 RIESGOS POTENCIALES

Los posibles riesgos potenciales son los siguientes:

- Influjos superficiales
- Desprendimiento de arcillas y hueco apretado
- Presencia de gumbo en hueco superficial
- Hoyo apretado en Orteguaza
- Embolamientos de broca en Tiyuyacu
- Presencia de chert en Tiyuyacu
- Inestabilidad de lutitas de la Formación Napo
- Pérdida de circulación en Napo
- Pega diferencial en la Areniscas "U" y Hollín Superior

4.3.3 PROGRAMA DE REGISTRO DE LODOS (MUD LOGGING)

La toma de muestras debe ser realizada cada 30 pies en condiciones normales de perforación y cada 10 pies en la zona de interés.

4.3.3.1 Parámetros de perforación a ser monitoreados

Los parámetros de perforación a ser monitoreados son los siguientes:

- Profundidades MD y TVD
- Revoluciones por minuto - RPM
- Presión de bomba
- Presión de casing
- Peso de lodo de entrada y salida
- Caudal
- Emboladas de bomba
- Rata de perforación - ROP
- Peso sobre la broca - WOB
- Torque
- Volumen de lodo en tanques

Topo de Formación	Profundidad TVD (pies)	Profundidad MD (pies)	Litología	Comentarios
Plioceno	0	0	Arcillolita, conglomerado, Gumbo	Hueco apretado, pérdida de circulación
Orteguaza	5525	5525	Lutitas, limolitas, arenis	Hueco apretado, pérdida de circulación. Derrumbes, inestabilidad del hueco
Tiyuyacu	6160	6160	Arenisca, arcillolita, limolita, conglomerado, chert	Hueco apretado, embolamiento de broca y BHA.
Conglomerado Tiyuyacu	7400	7400	Arena, limolita, conglomerado, chert	Inestabilidad del hueco
Tena	7795	7795	Arcillolita, limolita, arenisca caliza	Hueco apretado
<i>KOP</i>	7885	7885		
Basal Tena	8750	8775	Arenisca, caliza, lutita	Inestabilidad del hueco
Napo	8780	8810	Lutita, caliza	Derrumbes, hueco apretado, inestabilidad del hueco
Caliza M-1	9091	9220	Caliza, lutita	Inestabilidad del hueco, hueco apretado
Caliza M-2	9313	9425	Caliza, lutita	Hueco apretado, inestabilidad del hueco
Caliza A	9434	9580	Caliza	Pérdida de circulación
Arena U superior	9466	9612	Arenisca	Derrumbes
Arenisca U inferior	9490	9665	arenisca	Derrumbes
Caliza B	9630	9874	Caliza	Pérdida de circulación
Arena T superior	9655	9920	Arenisca, caliza	Inestabilidad del hueco
Arena T inferior	9734	10010	Arenisca, caliza, lutita	Inestabilidad del hueco
Hollín Superior	9876	10425	Arenisca, caliza, lutita	Inestabilidad del hueco, pérdida de circulación, Derrumbes, embolamiento de broca
Hollín Principal	9920	10620	Arenisca	Inestabilidad del hueco, pérdida de circulación, Derrumbes, embolamiento de broca
TD	9920	11425		

Tabla 4.1. Prognosis geológica del Pozo Sacha Propuesto Horizontal

4.3.3.2 Programa de registros eléctricos

A partir de la sección intermedia productora de 8 ½” hasta la profundidad total (TD) se recomienda registrar el pozo con herramienta direccional LWD. Los registros a ser obtenidos serían los siguientes:

- Gamma Ray
- Resistividades somera, media y profunda
- Registros de porosidad

4.4 PROCEDIMIENTO DE PERFORACIÓN

- Hueco de 26”; casing conductor de 20” hasta una profundidad promedia entre 100 y 200 pies MD. El objetivo de esta sección es aislar zonas no consolidadas, evitar influjos de agua y permitir que las secciones siguientes sean perforadas con parámetros óptimos de hidráulica.
- Hueco de 17 ½”, casing de 13 3/8” hasta una profundidad promedia de 5,523’ MD llegando al tope de la Formación Orteguzza. Aplicar un sistema de lodo de complejo de aluminio de 9 – 9.7 lb/gal. El objetivo de esta sección es aislar zonas de arcillas altamente reactivas y zonas con presencia de gumbo. Instalación de la sección “A” del cabezal del pozo.
- Hueco de 12 ¼”; casing intermedio de 9 5/8”, perforado hasta una profundidad que alcanza el tope de la Formación Napo. Aplicar un sistema de lodo con complejo de aluminio de 9.5 – 11.0 lb/gal. Esta sección tiene como objetivo proteger las zonas de pago secundarias.
- Perforar esta sección hasta una profundidad promedia de 9,423’ MD atravesando la Caliza M-2.
- Hueco de 8 ½” hasta una profundidad promedia de 10,623’ MD / 9,920’ TVD que corresponde al tope de Hollín Principal.
- Hueco de 6 1/8” aterrizar el pozo e iniciar la sección lateral a 10,623’ MD / 9,920 pies TVD hasta llegar a la profundidad total 11,423’ MD. Se utilizará un sistema de lodo Drill In con una densidad de 8.8 – 9.2 lb/gal.

4.5 PROGRAMA DE LODOS

La tabla 4.2 presenta el sistema de lodo a ser utilizado en sus diversas secciones.

La tabla 4.3 presenta los aditivos a utilizarse en la sección de 12 ¼". En esta sección se recomienda no usar complejo de aluminio desde la base de Orteguzza hasta la Basal Tena para evitar la resequedad de arcillas. Así también, se utilizará surfactantes para prevenir embolamiento de broca y BHA y se recomienda añadir material tipo gilsonita en las lutitas, la misma que actúa como material sellante.

La tabla 4.4 presenta los aditivos a utilizarse en la sección de 8 ½". En esta sección se usarán lubricantes para reducir los niveles de torque y arrastre.

La tabla 4.5 presenta los aditivos a utilizarse en la sección de 6 1/8". El CaCO_3 será utilizado como agente de puenteo y ayudará a prevenir el impacto de daño de formación puesto que puede ser removido con un tratamiento ácido adecuado.

Se usará concentraciones apropiadas de agentes inhibidores de arcilla y lutita.

Sección	Profundidad (MD)	Sistema de lodo	Peso (lb/gal)	YP (lb/100 ft ²)	Filtrado API (cc/30 min)	PV (cp)	Geles @ 120°F +/- 30% (lb/100 ft ²)	Vol. Sólidos (% vol)	pH
26"	100-200	NATIVO	8.9 -9.0						
17 1/2"	5525	COMPLEJO DE ALUMINIO	9.0 - 9.7	8 a 24	< 20	4 a 14	6-10 /12 -14	< 8	8
12 1/4"	9415	COMPLEJO DE ALUMINIO	9.5 - 11	25 -35	4 a 6	20 a 30	8 /16 /21	< 12	11
8 1/2"	10620	COMPLEJO DE ALUMINIO	9.2 -10.0	18 - 22	≤ 5	15 a 25	8 -12 / 14 -18	≤ 10	10 a 11
6 1/8"	11810	DRILL-IN	8.8 -9.2	18 - 26	≤ 5	15 a 25	6 -10 / 12 -16	≤ 6	7,5 a 8,5

Tabla 4.2. Sistema de lodos de perforación Pozo Sacha Propuesto Horizontal

Aditivos	Función	Unidades	Concentración
Barita	Incrementa densidad de lodo	Lb/bl	84
Complejo de aluminio	Inhibidor de arcillas	Lb/bl	4.3
Amine	Inhibidor de arcillas	Lb/bl	1.7
Gilsonita	Material sellante	Lb/bl	4,6
Pac LV+HV	Control de filtrado	Lb/bl	0.5
Xantan gum	Viscosificante primario	Lb/bl	0.5

Tabla 4.3. Aditivos Sección Intermedia

Aditivos	Función	Unidades	Concentración
Complejo de aluminio	Inhibidor de arcillas	Lb/bl	3.5
Soda caustica	Control de PH	Lb/bl	0,1 – 0,5
Xantan gum	Viscosificante primario	Lb/bl	0.5
Mil- Pac R/ LV	Control de filtrado	Lb/bl	1.1
Barita	Material pesante	Lb/bl	85
Gilsonita	Material sellante	Lb/bl	4
PENETREX	Incrementa ROP	Lb/bl	0,5 – 1
CaCO ₃	Material sellante y densificante	Lb/bl	50 – 65
Mil LUB	Control de torque	Lb/bl	2
Sulfatrol	Sellante de lutitas	Lb/bl	1

Tabla 4.4. Aditivos Sección Intermedia Productora

Aditivos	Función	Unidades	Concentración
Xantan gum	Viscosificante primario	Lb/bl	1,4
Soda caustica	Control de PH	Lb/bl	0,3 – 0,7
Complejo de aluminio	Inhibidor de arcillas	Lb/bl	1.5
BIOLOS	Control de filtrado	Lb/bl	1 - 3
MILCARB	Agente sellante y pesante	Lb/bl	15
CaCO ₃	Material sellante y densificante	Lb/bl	22
Amine	Inhibidor de arcillas	Lb/bl	1.3
Gilsonita	Material sellante	Lb/bl	3.5

Tabla 4.5. Aditivos Sección Productora

4.6 PROGRAMA DE CASING Y CEMENTACIÓN

4.6.1 SECCION CONDUCTORA

- Tubería conductora de 20 pulgadas @ 130', H-40, 94 lbs/ft, BTC.
- Se recomienda perforar, correr y cementar el revestidor lo más pronto posible para evitar excesivo agrandamiento del hueco debido a la baja compactación de la formación.
- Se recomienda utilizar un material sellante que elimine la pérdida de cemento y de esta manera evitar el trabajo de remediación (Top job).

4.6.2 SECCIÓN SUPERFICIAL

- Casing de 13 3/8" @ 5,523 pies, C-95, 72lbs/pie, BTC.
- El collar flotador está planeado a dos juntas del zapato. Para la cementación se recomienda utilizar una lechada de relleno de un peso aproximado de 13.5 lb/gal y una lechada de cola de 15.6 lb/gal.
- El tope de cemento debe llegar a superficie, considerando la adición de material sellante o la instalación de canastas en el casing para evitar pérdidas de cemento durante y después de la cementación.
- Se instalara la sección "A" del cabezal, 13 5/8" x 5M, con cuñas para casing de 13 5/8" y 9 5/8" con 2 salidas laterales de 2 1/16" x 5M. Probar la sección "A" con 1,500 psi.

4.6.3 SECCIÓN INTERMEDIA

- Casing de 9 5/8" @ 9,423', K-55, 47 lbs/pie, BTC.
- El tope de cemento debe estar 200 pies sobre el zapato del casing 13 3/8".
- Para la cementación se utilizara una lechada de relleno de 13.5 lb/gal y una lechada de cola de 15.8 lb/gal.
- Se instalara la sección "B" de 9 5/8" del cabezal, 5M x 11", 5M con dos salidas laterales de 2 1/16" x 5M, a fin de colgar la tubería de producción al dejar finalizada la completación del pozo.

- Se recomienda utilizar canastas y/o un material sellante para evitar pérdidas de cemento.

4.6.4 SECCIÓN INTERMEDIA PRODUCTORA

- Se recomienda correr y asentar liner de 7" @ 10,623', C-95, 26 lbs/pie, BTC.
- El tope del colgador del liner está diseñado para ser asentado 150 pies arriba del zapato del casing intermedio.
- Tope de cemento a 150 pies sobre tope de liner.
- Usar conexiones con juntas biseladas.

4.6.5 SECCIÓN PRODUCTORA

- Asentamiento del liner ranurado de 5 pulgadas, C-96, 15 lbs/pie, a una profundidad de 11,425 pies MD (9920 pies TVD).
- Se instalará tubing bonnet de 11 x 5M – 4 1/16" 5M, válvula máster de 4 1/16" 5M, dado o cruz de 4 1/16" 5M, válvula lateral de 4 1/16" 5M para un sistema BES.

4.7 PROGRAMA DE BROCAS E HIDRÁULICO

Broca tricónica de 26" con jet central, tipo Reed Y11 Hycalog, 3X14 + 1X16, hasta una profundidad promedio entre 100 y 200 pies.

La sección superficial será perforada con broca tricónica de 17 ½", tipo Smith, MSDSSHC, 3X22 + 1X18 hasta limpiar los boulders para proteger la próxima broca PDC. Continuar perforando con broca PDC de 17 ½" tipo HYCALOG, DS40HF+ GNP 4X18+2X16 hasta llegar al Tope de la Formación Orteguaza aproximadamente a 5,523 pies.

La sección intermedia Inicia la perforación broca PDC de 12 ¼", tipo HCC605S, 4X13 + 3X14 hasta el posible paquete de Chert de acuerdo a la prognosis.

Si después de perforar el Chert la broca mantiene un buen comportamiento de perforación terminar la sección hasta la base de la formación Napo con esta misma broca. Caso contrario continuar la perforación con una nueva broca PDC tipo HCR 605, 7x14.

La sección intermedia productora inicia con broca PDC de 8 ½", tipo HC505Z, 4X14 + 1X15 llegando 5 pies dentro de la formación Hollín Principal.

La sección productiva inicia con broca PDC de 6 1/8", tipo, DSX72HGNS, 3X10 con una profundidad promedio de 11,080 pies MD navegando en la formación Hollín Principal.

En caso de presentarse problemas de bajo rendimiento de la broca continuar la perforación con nueva broca PDC de 6 1/8", tipo, DSX72HGNS, 3X10 hasta alcanzar la profundidad total planeada de 11,425 pies.

CAPÍTULO V

ANÁLISIS TÉCNICO ECONÓMICO

5.1 INTRODUCCIÓN

Este capítulo tiene por objetivo presentar el análisis técnico - económico de esta propuesta con respecto al pozo Sacha 171 Hz perforado en el campo Sacha usado en este estudio como pozo de control, y cuyas condiciones operativas le permitieron alcanzar los objetivos planteados. El análisis técnico se basa en el capítulo anterior que determinó los principales problemas presentados en cada una de las secciones perforadas. Mediante el programa de perforación propuesto se pretende reducir o eliminar gran parte de estos problemas y de esa manera reducir o eliminar el tiempo no productivo.

Para el análisis económico se toma como referencia los costos de perforación del pozo de control seleccionado referido anteriormente y los costos de perforación del programa propuesto. En los costos del programa propuesto se han eliminado costos generados por tiempos no productivos, generalmente asociados a problemas operacionales debido a diferentes causas.

5.2 ANÁLISIS TÉCNICO

Para el análisis técnico, por razones prácticas y metodológicas el pozo horizontal de control seleccionado es el Sacha 171 Hz. La valiosa información de los otros pozos de control estudiados tiene vigencia para éste y futuros trabajos que podrían ser ejecutados en este campo. Para este trabajo, dicha información permitirá obtener las conclusiones y recomendaciones que en última instancia constituyen la razón de ser del estudio.

En la sección conductora, desde el inicio de la perforación con broca de 26 pulgadas hasta la cementación del tubo conductor de 20" a una profundidad entre 100 y 150 pies, se ha obtenido un tiempo neto total de 81.6 horas (3.4 días);

mientras que el tiempo no productivo corresponde a 50.6 horas (2.1 días) que en su mayor parte corresponde a reparaciones de bombas de lodo. Tomando en consideración esta situación, el tiempo operativo para esta sección del pozo Sacha Horizontal propuesto sería de 31 horas (1.3 días). La figura 5.1 muestra la distribución de los tiempos considerados anteriormente.

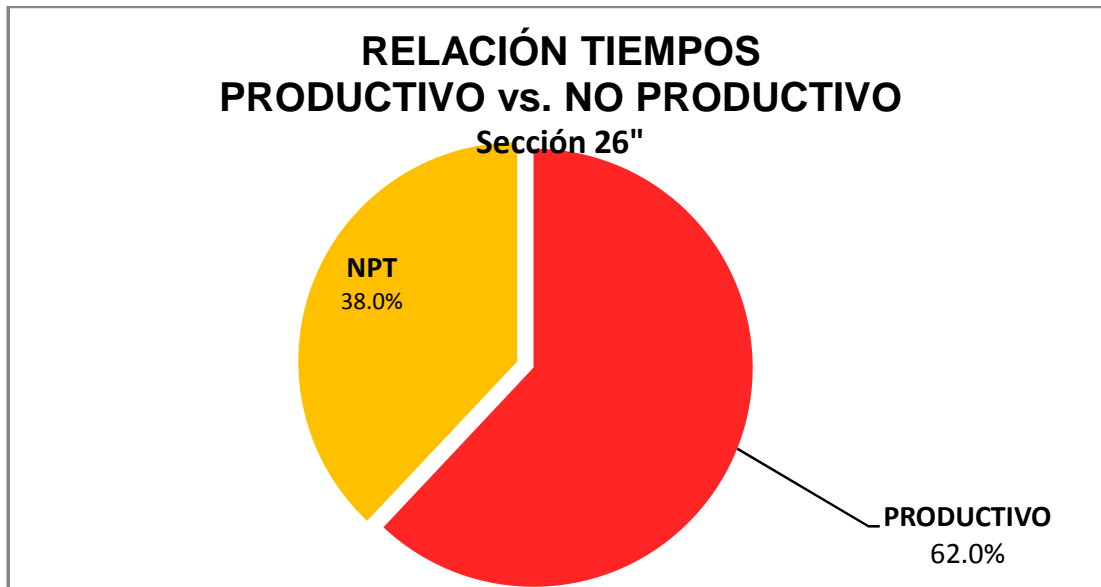


Figura 5.1. Tiempos Productivo y No Productivo Sección 26"

Elaborado por: Soledad Barahona y Sebastián Garnica

Fuente: Petroproducción

La sección superficial se inicia perforando con una broca PDC de 17 ½ pulgadas y finaliza con la corrida y cementación de un revestimiento de 13 3/8" al nivel del tope de la Formación Orteguzza. El tiempo total usado para perforar esta sección fue de 180 horas (7.5 días) y el tiempo no productivo de 65 horas (2.7 días) en el cual se destacan problemas de limpieza de líneas de flujo debido a la presencia de Gumbo, embolamiento de broca y ensamblaje, reparación de bombas de lodo. Tomando en consideración esta situación, el tiempo operativo para esta sección del pozo Sacha Horizontal propuesto sería de 115 horas, es decir 4.8 días. La figura 5.2 muestra la distribución de los tiempos considerados anteriormente.

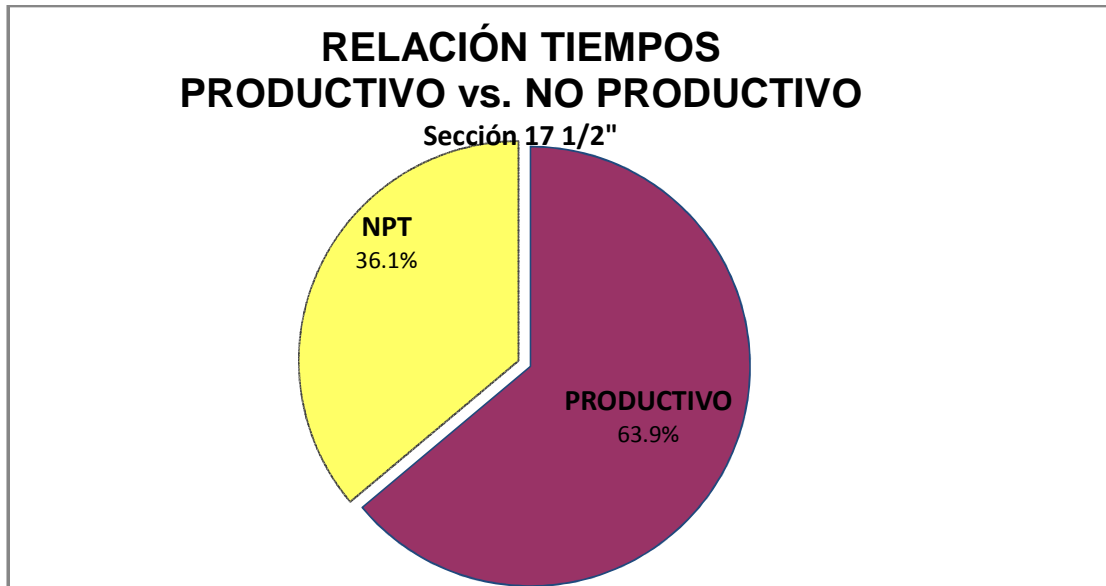


Figura 5.2. Tiempos Productivo y No Productivo Sección 17 1/2"
Elaborado por: Soledad Barahona y Sebastián Garnica
Fuente: Petroproducción

La sección intermedia inicia con la perforación con una broca PDC de 12 ¼ pulgadas y finaliza al llegar al tope de la Formación Napo en la que se asienta y cementa un revestidor de 9 5/8". El tiempo total usado para perforar esta sección fue de 480 horas (20 días) y el tiempo no productivo de 185 horas (7.7 días) en el cual se destacan problemas de embolamiento de broca en Tiyuyacu, hueco apretado en Orteguaza, problemas en cambios de broca y BHA, pega de tubería en la formación Napo. Tomando en consideración esta situación, el tiempo operativo para esta sección del pozo Sacha Horizontal propuesto sería de 295 horas, es decir 12.3 días. La figura 5.3 muestra la distribución de los tiempos considerados anteriormente.

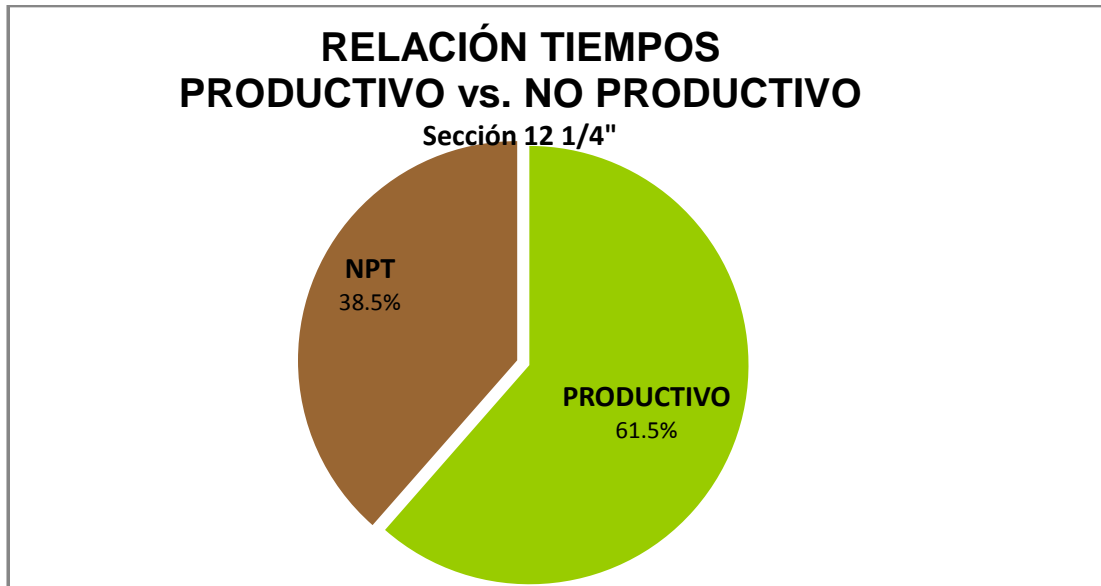


Figura 5.3. Tiempos Productivo y No Productivo Sección 12 1/4"
Elaborado por: Soledad Barahona y Sebastián Garnica
Fuente: Petroproducción

La sección intermedia productora comienza con la perforación con broca PDC de 8 ½ pulgadas y finaliza al asentar y cementar un liner de 7" en el tope de la formación Hollín Principal. Esta sección es la que más problemas ha tenido pues, el tiempo total usado para perforar está sección fue de 600 horas (25 días) y el tiempo no productivo de 418 horas (17.4 días) en el cual se destacan problemas de inestabilidad de lutitas, la mayor parte del tiempo corresponde a problemas de pega de tubería, empaquetamiento de sarta, trabajos de pesca y corrida de casing. Tomando en consideración esta situación, el tiempo operativo para esta sección del pozo Sacha Horizontal propuesto sería de 182 horas, es decir 7.6 días. La figura 5.4 muestra la distribución de los tiempos considerados anteriormente.

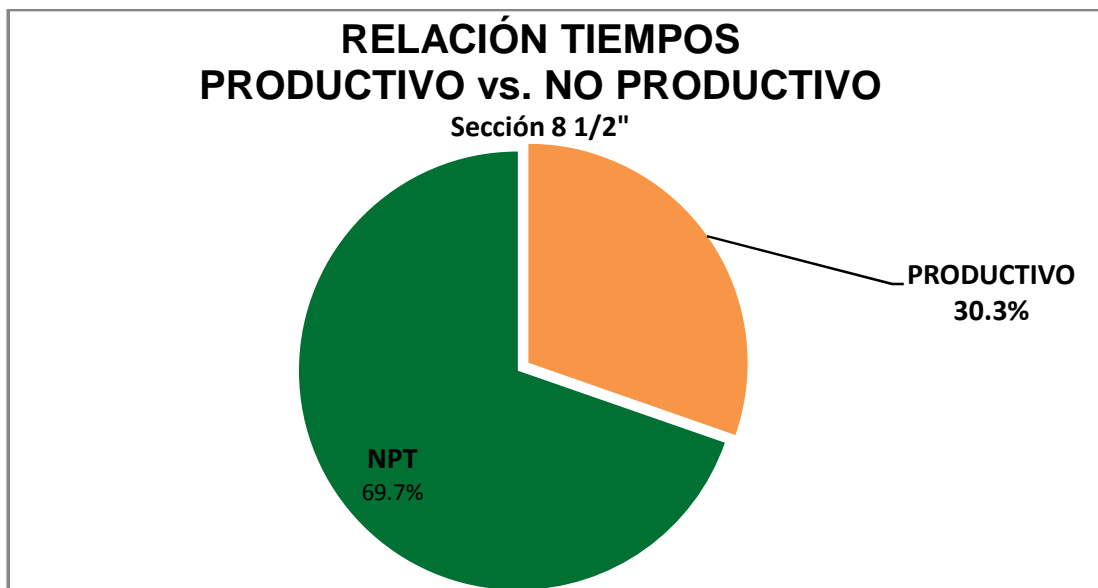


Figura 5.4. Tiempos Productivo y No Productivo Sección 8 1/2"

Elaborado por: Soledad Barahona y Sebastián Garnica

Fuente: Petroproducción

La sección productiva se inicia navegando con una broca PDC de 6 1/8 pulgadas y finaliza al llegar al objetivo final, la profundidad total planeada al correr y asentar un liner ranurado de 5". El tiempo total usado para perforar ésta sección fue de 103.2 horas (4.3 días) y el tiempo no productivo de 15 horas (0.63 día) en el cual se destacan problemas al asentar el liner, problemas con el ensamblaje direccional y problemas de reparación de bombas. Tomando en consideración esta situación, el tiempo operativo para esta sección del pozo Sacha Horizontal propuesto sería de 88.2 horas, es decir 3.7 días. La figura 5.5 muestra la distribución de los tiempos considerados anteriormente.

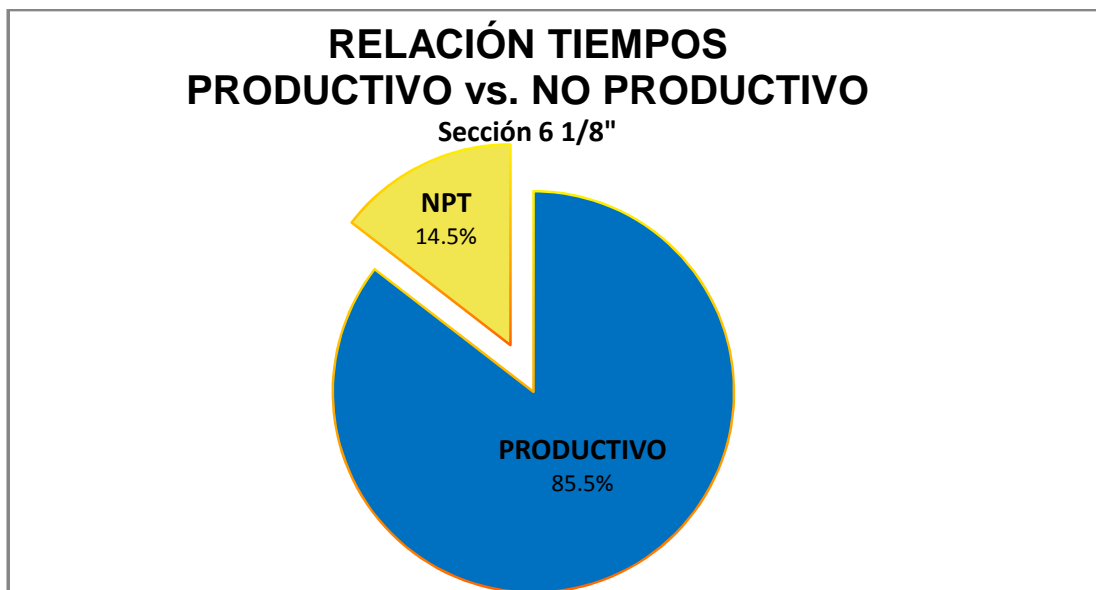


Figura 5.5. Tiempos Productivo y No Productivo Sección 6 1/8"
Elaborado por: Soledad Barahona y Sebastián Garnica
Fuente: Petroproducción

Finalmente, se recomienda realizar un tratamiento con ácido y enzimas para atenuar el daño de formación, y posterior a esto se procede a la completación del pozo, lo que tomaría alrededor de 3 días. Se recomienda un total de 30 días para la perforación del pozo Sacha Propuesto Horizontal con un agregado de 3 días para su completación.

El anexo 5.1 muestra el tiempo de duración de cada sección, el mismo que tiene mayor número de días en las secciones intermedias y se recomienda un mayor cuidado en la reología del lodo y la hidráulica de perforación, especialmente en la etapa de las secciones intermedias del pozo.

5.3 ANÁLISIS ECONÓMICO

El análisis económico corresponde a los costos que tendrá por la perforación del pozo, corrida, asentamiento y cementación de los revestidores según sea el caso, costos del lodo de perforación, costos del taladro, servicio de personal, cabezal y árbol de navidad y finalmente el costo aproximado que tendría la completación del pozo con bomba Electrosumergible.

5.3.1 COSTO DE PERFORACIÓN

La tabla 5.1 muestra los costos de la perforación del pozo Sacha 171 Hz, pozo de control que servirá de referencia para correlacionar con el pozo propuesto. Así, presenta un costo total de perforación de US\$ 5,241,703.

Luego de haber realizado el análisis del tiempo de perforación del pozo Sacha 171-H, se obtiene el costo final del pozo propuesto, para una perforación que duraría treinta días aproximadamente, con una completación de tres días.

En la tabla 5.2 se detalla el costo de perforación del pozo propuesto según las actividades realizadas.

Los costos por ubicación y accesos del pozo no se han tomado en cuenta debido a que no son de carácter operacional.

El alquiler del taladro, costos de alojamiento y servicio de personal tendrá un costo total aproximado de US\$ 1, 020,500.

Con respecto a registros eléctricos y de lodos, corrida de revestidores, equipo y servicio de cementación, control de sólidos y manejo de desechos, y perforación direccional se tiene un costo aproximado total de US\$ 1, 175,500.

		COSTO PERFORACION		Fecha	Feb-02	
		PETROPRODUCCION ECUADOR		SACHA 171H		
		CAMPO SACHA		60		
		ACTIVIDAD	COSTO DIARIO	COSTO FIJO	COSTO PERFORACION	TOTAL
U B I C A C	1	01	Pemisos/Relaciones comunidad		30.436	30.436
		02	Medio ambiente		20.564	20.564
		03	Ubicación y accesos		18.090	18.090
		04	Seguridad			
		05	Posicionamiento			
			SUBTOTAL 1	69.090		69.090
T A L A D R O	2	01	Costo del taladro	24.500		1.470.000
		02	Costo movilización del taladro		95.809	
		03	Alojamiento/Alimentación	2.000		120.000
		04	Equipo varios	1.120	8.000	67.200
		05	Personal	750		45.000
			SUBTOTAL 2	28.370	1.702.200	1.806.009
O T R O S S E R V I C I O S	3	01	Registros			
		02	Cementación	1.550		93.000
		03	Registros de lodos	1.180	8.000	70.800
		04	Tratamiento de lodos	1.790		107.400
		05	Perforación direccional, MWD, LWD		748.422	
		06	Motor			
		07	Servicio tuberías de revestimiento		75.054	
		08	Servicio y equipo de pesca		98.709	
		09	Fracturamiento/Acidificación			
		10	Wireline			
		11	Pruebas de pozo en superficie			
		12	Pruebas de pozo en el fondo			
		13	Snubbing/C.T./Pulling		28.760	
		14	Maquinista/Soldadura/Servicios de cabezal/BOP			
		15	Coring			
		16	Equipo de inspección/renta	425	9.800	25.500
		17	Operaciones bajo el mar			
		18	Otros (Liners, Seguridad de material acidificante)		15.542	
		19	Manejo de desechos (Remediación / Medio ambier)	225	88.765	13.500
			SUBTOTAL 3	5.170	1.073.052	310.200
C O N S U M I B L E	4	01	Brocas		152.098	152.098
		02	Fluidos de perforación		525.528	525.528
		03	Cemento y aditivos		110.453	110.453
		04	Casing		339.451	339.451
		05	Cabezal/Árbol de navidad		52.655	52.655
		06	Equipo de Completación			
		07	Accesorios de casing		95.765	95.765
		08	Herramientas especiales (Estabilizadores, Colgadores)		48.565	48.565
		09	Equipo y servicio de pesca		50.987	50.987
		10	Productos de limpieza y estimulación		12.650	12.650
		11	Combustible, agua	6.800		408.000
		12				
			SUBTOTAL 4	6.800	1.388.152	408.000
T R A N S P O R T	5	01	Supply Boats, Tugs and Barges	400		24.000
		02	Transporte terrestre	500		30.000
		03	Helicóptero, Aeroplano		3.000	
		04	Encomiendas			
		05	Transporte de pasajeros	300		18.000
		06	Telecomunicaciones	200		12.000
		07				
			SUBTOTAL 5	1.400	3.000	84.000
S U P E R	6	01	Supervisión en el taladro	750		45.000
		02	Supervision en la base	500		30.000
		03	Costo en la base			
		04	Otros (Fluidos de perforación y Geología)	420		25.200
		06				
		07				
			SUBTOTAL 6	1.670		100.200
S U P E R F I	7	01	Instalación de líneas de flujo			
		02	Manifold + misc.			
		03	Cable de energía			
		04	Equipo eléctrico (VSD+ SUT)			
		05	Fibra óptica			
		06	Conecciones eléctricas			
			SUBTOTAL 7			
			COSTO TOTAL PERFORACION			5.241.703

Tabla 5.1. Costo Total de Perforación del Pozo Sacha 171-H

Elaborado por: Soledad Barahona y Sebastián Garnica

Fuente: Petroproducción

		COSTO PERFORACION		Fecha	Sep-09		
		PETROPRODUCCION ECUADOR		POZO PROPUESTO SACHA Hz			
		SACHA PROPUESTO		30			
		ACTIVIDAD	COSTO DIARIO	COSTO FIJO	COSTO PERFORACION	TOTAL	
U B I C A C	1	01	Permisos/Relaciones comunidad				
		02	Medio ambiente				
		03	Ubicación y accesos				
		04	Seguridad				
		05	Posicionamiento				
		SUBTOTAL 1					
T A L A D R	2	01	Costo del taladro	30.000		900.000	900.000
		02	Costo movilización del taladro				
		03	Alojamiento/Alimentación	2.000		60.000	60.000
		04	Equipo varios	1.000	8.000	30.000	38.000
		05	Personal	750		22.500	22.500
		SUBTOTAL 2	33.750	8.000	1.012.500	1.020.500	
O T R O S S E R V I C I O S	3	01	Registros		200.000		200.000
		02	Cementación	1.800		54.000	54.000
		03	Registros de lodos	1.700	8.000	51.000	59.000
		04	Tratamiento de lodos	1.800		54.000	54.000
		05	Perforación direccional, MWD, LWD	18.000		540.000	540.000
		06	Motor				
		07	Servicio tuberías de revestimiento		75.000		75.000
		08	Servicio y equipo de pesca				
		09	Fracturamiento/Acidificación				
		10	Wireline				
		11	Pruebas de pozo en superficie				
		12	Pruebas de pozo en el fondo				
		13	Snubbing/C.T./Pulling				
		14	Maquinista/Soldadura/Servicios de cabezal/BOP				
		15	Coring				
		16	Equipo de inspección/renta	450	10.000	13.500	23.500
		17	Operaciones bajo el mar				
		18	Perforations/reaming				
		19	Otros (Liners, Seguridad de material acidificante)		20.000		20.000
		20	Manejo de desechos (Remediación / Medio ambier)	1.000	120.000	30.000	150.000
		SUBTOTAL 3	24.750	433.000	742.500	1.175.500	
C O N S U M I B L E	4	01	Brocas		180.000		180.000
		02	Fluidos de perforación		320.000		320.000
		03	Cemento y aditivos		120.000		120.000
		04	Casing		520.000		520.000
		05	Cabezal/Árbol de navidad		40.000		40.000
		06	Equipo de Completación				
		07	Accesorios de casing		115.000		115.000
		08	Herramientas especiales (Estabilizadores, Colgadd)	450		13.500	13.500
		09	Equipo y servicio de pesca				
		10	Productos de limpieza y estimulación				
		11	Combustible, agua	6.000		180.000	180.000
		12					
		SUBTOTAL 4	6.450	1.295.000	193.500	1.488.500	
T R A N S P O R T	5	01	Supply Boats, Tugs and Barges	400		12.000	12.000
		02	Transporte terrestre	500		15.000	15.000
		03	Helicóptero, Aeroplano		3.000		3.000
		04	Encomendas				
		05	Transporte de pasajeros	300		9.000	9.000
		06	Telecomunicaciones	200		6.000	6.000
		07					
		SUBTOTAL 5	1.400	3.000	42.000	45.000	
S U P E R	6	01	Supervisión en el taladro	1.000		30.000	30.000
		02	Grupo de Diseño e Ingeniería		50.000		50.000
		03	Supervision en la base	500		15.000	15.000
		04	Costo en la base				
		05	Otros (Fluidos de perforación y Geología)	500		15.000	15.000
		06					
		07					
		SUBTOTAL 6	2.000	50.000	60.000	110.000	
S U P E R F I	7	01	Instalación de líneas de flujo				
		02	Manifold + misc.				
		03	Cable de energía				
		04	Equipo eléctrico (VSD+ SUT)				
		05	Fibra óptica				
		06	Conecciones eléctricas				
		SUBTOTAL 7					
		COSTO TOTAL PERFORACION				3.839.500	
		Contingencia	5,0%			190.201	
		TOTAL PERFORACION				4.029.701	

Tabla 5.2. Costo de Perforación del Pozo Sacha Propuesto Horizontal

Elaborado por: Soledad Barahona y Sebastián Garnica

Fuente: Petroproducción

		COSTO COMPLETACION		Fecha	Sep-09	
		PETROPRODUCCION ECUADOR		COMPLETACION CON Y TOOL		
		POZO PROPUESTO SACHA Hz		3		
		ACTIVIDAD	COSTO DIARIO	COSTO FIJO	COSTO COMPLETACIÓN	TOTAL
U B I C A C I	1	01	Permisos/Renta/Radio Instalación			
		02	Pre Survey & Posicionamiento			
		03	Ubicación y accesos			
		04	Seguridad			
		05	Posicionamiento			
		SUBTOTAL 1				
T A L A D R	2	01	Costo del taladro	6.000		18.000
		02	Movilización/Desmovilización del taladro		20.000	
		03	Alojamiento y alimentación	800		2.400
		04	Equipo adicional	350		1.050
		05	Personal adicional	350		1.050
		SUBTOTAL 2	7.500	20.000	22.500	42.500
O T R O S	3	01	Registros			
		02	Cementación y bombeo	1.300		3.900
		03	Registro de lodos	800		2.400
		04	Tratamiento (equip y pers)	700		2.100
		05	Perforación direccional, MWD, LWD			
		06	Motor			
		07	Casing y Tubing		8.000	
		08	Equipo de pesca			
		09	Fracturamiento/Acidos/Empacadores			
		10	Servicio de Wireline		4.000	
		11	Prueba de pozos en superficie			
		12	Prueba de pozos en el fondo			
		13	Inspección de equipo en el fondo	300		900
		14	Equipo en el fondo			
		15	Perforaciones			
		16	Otros (Liners, Servicio de completación)		15.000	
		17	Manejo de desechos	1.000		3.000
		SUBTOTAL 3	4.100	27.000	12.300	39.300
		01	Fluidos de completación		10.000	
		02	Cemento y Aditivos			
		03	Tubing		80.000	
		04	Cabezal/Árbol de navidad		20.000	
		05	Equipo de completación		220.000	
		06	Liner y accesorios		25.000	
		07	Herramientas especiales (Stab, Mill, BP...)	300		900
		08	Equipo y servicio de pesca			
		09	Productos de estimulación y limpieza		40.000	
		10	Combustible, agua	1.000		3.000
		SUBTOTAL 4	1.300	395.000	3.900	398.900
T R A N S P O R	5	01	Remolcadoras, barcas	250		750
		02	Transporte terrestre	200		600
		03	Helicóptero, transporte aéreo	200		600
		04	Transporte de pasajeros	250		750
		05	Telecomunicaciones	200		600
		SUBTOTAL 5	1.100		3.300	3.300
S U P E R	6	01	Supervisión en el lugar	1.000		3.000
		02	Diseño e Ingeniería			
		03	Supervisión en la Base	500		1.500
		04	Costo en la base			
		05	Otros (Fluidos de perforación y geología)	300		900
		SUBTOTAL 6	1.800		5.400	5.400
S U P E R F I	7	01	Costo de líneas de flujo + instalación		130.000	130.000
		02	Manifold + misc.		15.000	15.000
		03	MVSG/CP/Accessories		100.000	100.000
		04	Equipo eléctrico (VSD+ SUT)		110.000	110.000
		05	Fibra óptica		5.000	5.000
		06	Conexiones eléctricas e instrumentos		25.000	25.000
		SUBTOTAL 7		385.000	385.000	
		CSOTO TOTAL DE COMPLETACIÓN		827.000	47.400	874.400
		Contingencias	5%			43.720
		COSTO TOTAL COMPLETACIÓN	0	827.000	47.400	918.120

Tabla 5.3. Costo de Completación del Pozo Sacha Propuesto Horizontal
Elaborado por: Soledad Barahona y Sebastián Garnica
Fuente: Petroproducción

En lo que respecta al uso de brocas, lodo de perforación, casing, liners y accesorios, cabezal y árbol de navidad y combustible, aproximadamente se tiene un costo de US\$ 1, 488,500.

Supervisión en el taladro, ingeniería y diseño, transporte terrestre y aéreo de material y personal tiene un costo aproximado de US\$ 110,000.

Sumados estos valores finalmente se obtiene un costo representativo general de US\$ 4, 029,701.

5.3.2 COSTO DE COMPLETACIÓN

El costo de la completación del pozo tomando en consideración, fluidos de completación, tubing, herramientas de fondo con bomba Electrosumergible con “Y” Tool es de US\$ 918,120 el mismo que se detalla en la tabla 5.3.

Por lo que, al sumar los costos de perforación con un 5% para contingencias, se obtiene un Costo Total de US\$ 4, 029,701.

La figura 5.6 muestra el progreso de la perforación con respecto al tiempo y el costo diario para la perforación y completación del Pozo Sacha Propuesto Horizontal.

El anexo 5.1 muestra el tiempo operacional del Pozo Sacha Propuesto Horizontal por secciones.

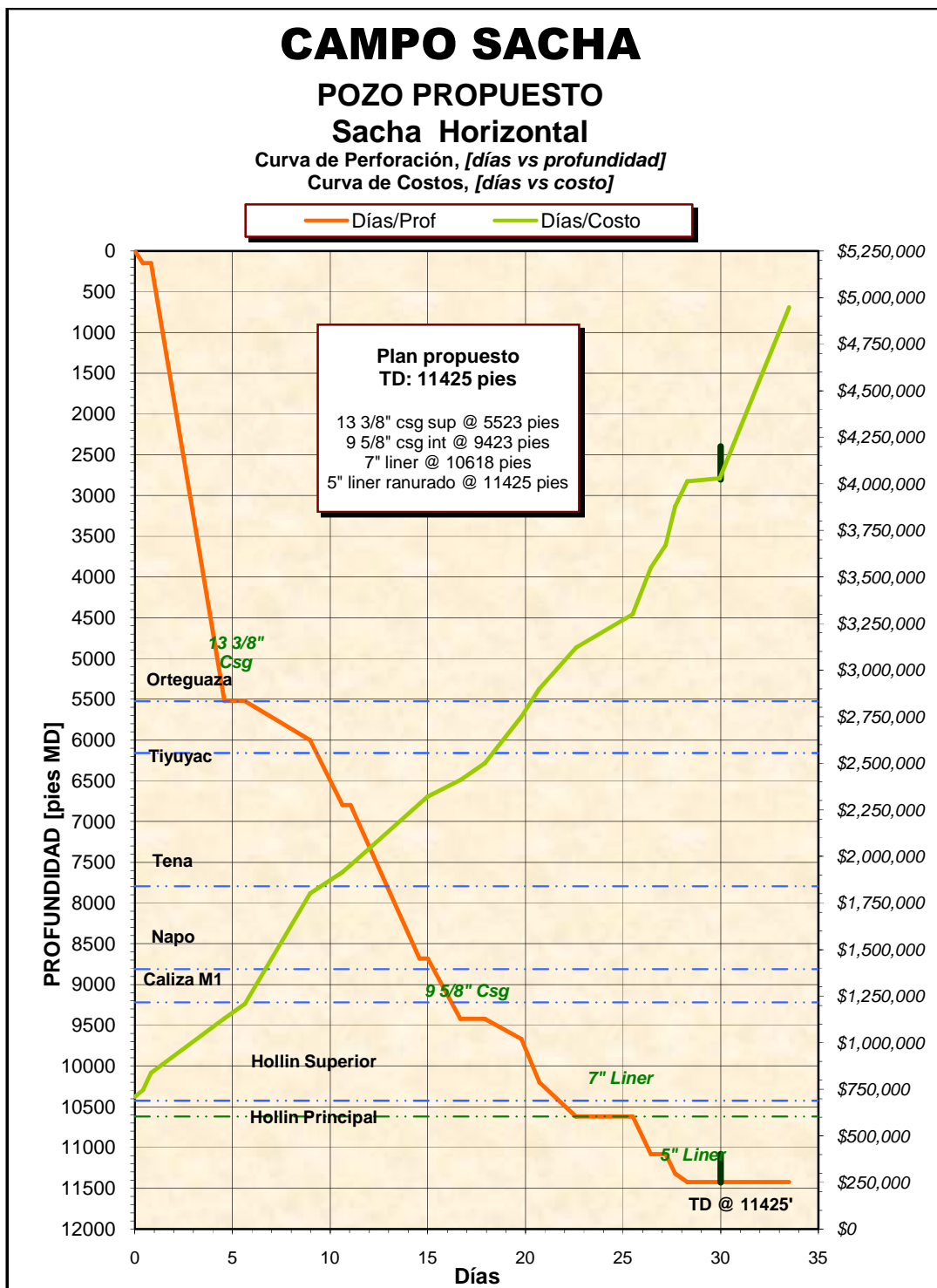


Figura 5.6. Curva Tiempo vs Profundidad; Tiempo vs Costo
Elaborado por: Soledad Barahona y Sebastián Garnica
Fuente: Petroproducción

CAPITULO VI

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 CONCLUSIONES

- El sumario de los pozos de control por secciones es una herramienta efectiva que permite una visualización de la evolución de los pozos integrada, lo cual ayuda a identificar los progresos y problemas de los pozos más fácilmente.
- El gráfico de las principales propiedades del lodo vs Profundidad permite identificar fácilmente sus tendencias y de esa manera tomar correcciones a tiempo real o considerarlas en la planificación de pozos.
- La compañía ANDESPETROLEUM, a pesar de tener problemas tales como pega de tubería y empaquetamiento por las lutitas y arcillas de Tiyuyacu, Ortegua y Napo, ha realizado sus operaciones de perforación con buenos resultados ya que la producción de dichos pozos ha justificado la inversión realizada en los mismos. Por otro lado los problemas que han tenido durante la perforación se han solucionado principalmente con un buen manejo de las propiedades del lodo de perforación.
- Los principales problemas de la Compañía Repsol se presentan a nivel de la Formación Hollín, en viajes de limpieza de hueco. La perforación de estos pozos horizontales se ha visto amenazada debido a que la formación es no consolidada.
- La compañía AGIP presenta problemas de inestabilidad del hueco a nivel de la Formación Hollín, esta zona es propensa a desmoronamientos, derrumbes e invasión de fluidos de otras zonas, durante la perforación del siguiente intervalo con fluido de menor densidad. Sin embargo, la producción de dichos pozos ha hecho que se vayan mejorando las técnicas de perforación horizontal logrando excelentes resultados en este tipo de pozos.
- En la compañía PERENCO se presenta una litología irregular entre las Formaciones Napo y Hollín, ya que en medio de estas formaciones se introduce a manera de cuña un intervalo de intrusivo de origen volcánico. Este

intrusivo es uno de los principales problemas de atascamiento y pérdidas de BHA.

- Las lutitas de Napo han sido controladas exitosamente mediante el uso de un lodo base Complejo de aluminio conocido como ALPLEX/CLAYTROL más material sellante como gilsonita. Además, el sistema es combinado con adecuadas propiedades del lodo como el peso entre 11 y 12 lbs/gl.
- El mismo sistema de lodo es usado para perforar el intrusivo con pequeñas variaciones en el peso.
- La sección del intrusivo es perforada manteniendo el ángulo de inclinación.
- En los pozos perforados por PETROPRODUCCIÓN en Sacha, las reacciones de las arcillas “gumbo” se manifestaron tapando la línea de flujo.
- La sección de 12 ¼” del pozo Sacha 221-H fue perforada con el mejor tiempo.
- En la corrida del casing de 9 5/8” del pozo Sacha 171H se presentaron problemas de empaquetamiento debido a lutitas de Napo y arcillas de Ortegua, por lo que se asentó el casing a una profundidad no planificada.
- En la sección de 8 ½” en el pozo Sacha 175 H se realizaron dos sidetrack con ventanas a 9,381 pies el primero y a 8,425 pies el segundo sidetrack.
- El pozo Sacha 221H tuvo un tiempo de duración de 65 días y terminó siendo abandonado.
- La pega por empaquetamiento de tubería es recurrente en la formación Napo.
- La pega diferencial en cambio, está asociada a haber pasado rimando en las arenas, retirando así el carbonato que fue usado en el puenteo de las mismas.
- Al sacar tubería se ha observado que esta tiende a empaquetarse en aquellas secciones de pozo que están en calibre, esto debido al arrastre de material que se trae desde el fondo, en especial esto se ha visto en las areniscas.
- Los problemas que se presentaron durante la perforación de los pozos de PETROPRODUCCIÓN, a causa de un control de filtración inadecuado son varios: altos valores de pérdida de filtrado casi siempre resultan en huecos reducidos lo que origina excesiva fricción y torque; pega de la tubería debido al aumento en la superficie de contacto entre ésta y la pared del hueco.

- La adición de materiales sellantes y estabilizadores de lutita controlan el filtrado de lodo a la formación, garantizando el sello de zonas permeables con microfracturas.
- Los sistemas de lodos son diseñados para sellar las zonas permeables lo más rápido posible con revoques lisos y delgados.
- La lubricidad del lodo reduce el arrastre y torque de la sarta en pozos desviados. Además, ayuda en la rata de penetración, lubricación a la broca y facilita las operaciones de liberación de tubería.
- En general, la producción de petróleo de los pozos estudiados se han visto afectadas tremendamente por el alto corte de agua lo cual contradice los principios bajo los cuales se debe aplicar la técnica de perforación horizontal.
- La sección conductora del pozo Sacha 171 Hz presenta un tiempo no productivo de 50.6 horas (2.1 días), que en su mayor parte corresponde a reparaciones de bombas de lodo.
- La sección superficial del pozo Sacha 171 Hz presenta un tiempo no productivo de 65 horas (2.7 días), en el cual se destacan problemas de limpieza de líneas de flujo debido a la presencia de Gumbo, embolamiento de broca y ensamblaje, reparación de bombas de lodo.
- La sección intermedia del pozo Sacha 171 Hz presenta un tiempo no productivo de 185 horas (7.7 días) en el cual se destacan problemas de embolamiento de broca en Tiyuyacu, hueco apretado en Orteguaza, problemas en cambios de broca y BHA, pega de tubería en la formación Hollín Principal.
- La sección intermedia productora del pozo Sacha 171 Hz presenta un tiempo no productivo de 418 horas (17.4 días), en el cual se destacan problemas de inestabilidad de lutitas, pega de tubería, empaquetamiento de sarta, trabajos de pesca y corrida de casing.
- La sección productora del pozo Sacha 171 Hz presenta un tiempo no productivo de 15 horas (0.63 días), en el cual se destacan problemas al asentar el liner, problemas con el ensamblaje direccional y problemas de reparación de bombas.
- El pozo Sacha 171-H tuvo un costo de taladro y movilización, alojamiento, alimentación y personal de US\$ 1,806,009. El pozo propuesto presenta un

costo de US\$ 1,020,600 por los mismos rubros; es así que representa un ahorro de US\$ 785,409.

- El pozo Sacha 171-H tuvo costos de cementación, registros y tratamiento de lodos, perforación direccional y equipos de pesca por US\$ 1,383,252. Mientras que el pozo propuesto tendría un costo de US\$ 1,175,500 por dichos items. El ahorro para este caso sería de US\$ 207,752.
- El pozo Sacha 171-H tuvo costos de brocas, combustible, fluidos de perforación, tuberías de revestimiento por US\$ 1,776,352 y el pozo propuesto por US\$ 1,488,500. El ahorro para este caso US\$ 287,852.
- El pozo Sacha 171-H tuvo costos de transporte de personal por US\$ 87,000 mientras que en el pozo propuesto sería de US\$ 45,000 dando un ahorro de US\$ 42,000.
- Finalmente, la supervisión del taladro en el pozo de control tuvo un costo de US\$ 120,000, y el pozo propuesto tendría un costo de US\$ 110,000, en el que se tendría un ahorro de US\$ 10,000.
- En conclusión, el estudio del pozo de control Sacha 171H tuvo un costo total de perforación de US\$ 5,241,703, sin tomar en cuenta la completación del mismo. El pozo propuesto Sacha Hz presenta un costo de perforación US\$ 3,839,500, tomando en cuenta 5 % debido a contingencias que equivale a US\$ 190,201 se tendría un total de US\$ 4,029,701. El ahorro total que se obtendría sería de US\$1,212,002.
- El ahorro descrito anteriormente se debe principalmente a la reducción de los días de perforación entre el pozo de control Sacha 171 H y el pozo propuesto. Saha 171 H se perforó en 60 días mientras que el pozo propuesto sería perforado en 30 días.

6.2 RECOMENDACIONES

- Circular el pozo lo suficiente antes de realizar un viaje para asegurar la limpieza del hueco y evitar empaquetamientos.
- En la sección de 17 ½" bombear píldoras viscosas para sacar del pozo gravas y conglomerados.
- Mantener un caudal mínimo para asegurar la limpieza del hueco y evitar la carga de ripios en el espacio anular puesto que ésta puede ser consecuencia de pérdidas de tiempo cuando se tapa la línea de flujo.
- Una vez que empieza a perforar arcilla correr todo el equipo de control de sólidos.
- Es imprescindible que a la menor observación de sobretensión, se coloque bomba y se saque lento y con buena circulación.
- Bombear píldoras en tándem de baja reología seguida de una viscosa siempre que no haya peligro de desestabilizar las formaciones. Especialmente cuando el pozo tenga alta inclinación.
- Frente a areniscas bajar la tubería sin rotar, a menos que sea estrictamente necesario.
- Cada vez que se deba rimar en frente de las arenas se deberá agregar carbonatos frescos para permitir el puenteo en esta nueva situación.
- Usar píldoras de alta concentración de carbonatos y lubricante en zonas arenosas cuando existan problemas para deslizar.
- En casos de empaquetamiento por derrumbe de lutitas, recuperar circulación paulatinamente sin generar altas presiones de bomba.
- Evitar en lo posible el uso de centralizadores de revestimiento rígidos, preferiblemente el tipo resorte. Esto debido a que los rígidos raspan toda la cara inferior de las areniscas limpiando el material protector agregado para evitar o disminuir la posibilidad de pegas por presión diferencial, lo que involucra, en cualquier dificultad para pasar ya sea por restricción de material arrastrado en el pozo o alta severidad de pata de perro (DLS), tener que trabajar empujando la tubería, esto significa una mayor posibilidad de quedar atrapados por presión diferencial cuando se baja el revestimiento.

- Se recomienda utilizar complejo de aluminio como inhibidor de arcillas, así también, reduce el embolamiento de broca y BHA; y reduce la interacción entre arcillas y agua creando un factor de adherencia bajo.
- Se debe bombear píldoras de limpieza cuando el acarreo de cortes es deficiente o antes de realizar viajes.
- Bombear píldoras con carbonato y lubricantes en frente de las arenas para generar una costra efectiva.
- Sacar circulando en frente de areniscas y conglomerados.
- No exagerar el peso del lodo para evitar fracturar la formación y evitar la pérdida de fluido.
- Aplicar las normas y regulaciones de seguridad para evitar incidentes o accidentes del personal.
- Aplicar las normas y regulaciones ambientales para evitar contaminaciones y gastos de remediación.
- Cuando el plan de perforación considere movilizar el taladro una vez terminada la perforación, se recomienda completar el pozo con un taladro de workover a fin de reducir costos y una operación más segura.
- En caso de que esté planeado que el taladro de perforación complete el pozo, se recomienda contratar cuadrillas especializadas para este tipo de trabajos para evitar incidentes, accidentes y malograr las herramientas de la completación.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Drilling Program, Compañía PERENCO. OSO-3 Well, 2003.
- CARPACHO C., RAMIREZ M., OSORIO J., KENNY P., Replacing Potassium with Aluminum Complex Overcomes Wellbore Instability Problems in Kaolinitic Shales in South America, Texas, Abril, 2004.
- DEVEREUX STEVE, Practical Well Planning and Drilling Manual, PennWell Corporation, Tulsa, Oklahoma, USA, 2006.
- LUMMUS, JAMES L.; Drilling Fluids Optimization A Practical Filed Optimization, Tulsa, Oklahoma, PennWell Publishing Company, 1986.
- <http://www.dinapa.org>.
- CASTRO CARMEN ISABEL, “Modelo geológico y deposicional de la formación Hollín del Campo Paraíso”, Escuela Politécnica Nacional, Quito-Ecuador, Junio 2004.
- CARVAJAL FRANCISCO, ORDOÑEZ DAVID, “Análisis de las perforaciones horizontales de los Campos Sacha y Shushufindi de Petroproducción”, Quito-Ecuador, Junio 2001.
- ORBE SABAY PEDRO ALEJANDRO, “Análisis de la inhibición de las arcillas reactivas y lutitas inestables de las formaciones Orteguaza, Tiyuyacu, Tena y Napo (shale) con fluidos base amina en un campo del oriente ecuatoriano”, Quito – Ecuador, Julio 2009.
- CANTOS MONTERO PEDRO ISACC, Análisis Técnico – Económico de los fluidos de perforación utilizados en los pozos “A” y “B” del campo “X”, Universidad Central del Ecuador, Quito –Ecuador, Julio 2008.

- SPERRY SUN, An engineering approach to horizontal drilling, Drilling Services, HALLIBURTON.
- SMITH TECHNOLOGIES, Fixed cutter Dull Grading Manual, Smith International, 2008.
- Fundamentos teóricos y sistemas de DOWELL SCHLUMBERGER DRILLING FLUIDS, Tecnología aplicada a los fluidos de perforación, Venezuela S.A.

GLOSARIO

- **Azimut:** Ángulo que se genera al ubicar el objetivo desde el borde superficial del pozo.
- **Arcilla:** Una tierra plástica, blanda, de varios colores, comúnmente un silicato hidratado de alúmina, formado por la descomposición de feldespato y otros silicatos de aluminio. Los minerales arcillosos son generalmente insolubles en agua, pero se dispersan bajo hidratación, esfuerzos de corte como la molienda, los efectos de velocidad, etc., formando partículas extremadamente pequeñas.
- **Back off:** Desenrosque de tubería.
- **Barita:** Sulfato de bario natural que se usa para aumentar la densidad de los lodos. El mineral se manifiesta en depósitos de color gris, blanco, verdoso y/o rojizo, y en estructuras masivas de cristal.
- **Barril:** Una unidad volumétrica de medición usada en la industria del petróleo, igual a 42 galones U.S.
- **Bentonita:** Una arcilla coloidal plástica que se compone principalmente de un silicato de aluminio hidratado. Para ser usada en fluidos de perforación, la bentonita tiene un rendimiento mayor que 85 bbl/tonelada.
- **BHA:** -Bottom Hole Assembly- Ensamblaje de fondo del pozo.
- **Bicarbonato de Sodio:** Un material ampliamente usado para tratar la contaminación de cemento y ocasionalmente otras contaminaciones de calcio en los fluidos de perforación. Se trata de la sal de sodio semineutralizada del ácido carbónico.
- **Bombas de Lodo:** Bombas en el equipo de perforación, usadas para hacer circular los fluidos de perforación.
- **Boulders:** formaciones alternadas de roca suave y dura de tamaño mayor a 256 mm.
- **Carbonato de Calcio:** Una sal de calcio insoluble a veces usada como material densificante (caliza, concha de ostra, etc.) en fluidos de perforación especializados.

- **Centipoise (Cp):** Una unidad de viscosidad igual a 0,01 poise. Un poise es igual a 1 g por metro-segundo, y un centipoise es igual a 1 g por centímetro-segundo. La viscosidad del agua a 20° C es 1,005 cP (1 cP = 0,000672 lb/pies-seg.).
- **Cemento:** Una mezcla de aluminatos y silicatos de calcio obtenida mediante la combinación de cal y arcilla durante el calentamiento.
- **Cloruro de Sodio:** Comúnmente llamado sal. La sal puede estar presente en el lodo como contaminante o puede ser agregada por diferentes razones.
- **Concentración de Sólidos:** La cantidad total de sólidos en un fluido de perforación, determinada por destilación, que incluye los sólidos disueltos y los sólidos suspendidos o disueltos.
- **Daño de Formación:** Daños a la productividad de un pozo, causados por la invasión de partículas de lodo o filtrados de lodo dentro de la formación. El asfalto del crudo también puede causar daños a ciertas formaciones.
- **Darcy:** Una unidad de permeabilidad. Un medio poroso tiene una permeabilidad de 1 darcy, cuando la presión de 1 átomo sobre una muestra de 1 cm de largo y 1 cm² de sección transversal, una viscosidad de 1 cP a través de la muestra a la velocidad de 1 cm³ por segundo.
- **Densidad:** Materia medida como masa por volumen unitario, expresado en libras por galón (lb/gal), kilogramos por litro (kg/l) y libras por pie cúbico (lb/ft³). Muchas veces se usa “peso” para hacer referencia a la densidad.
- **Densidad Equivalente de Circulación (ECD):** Para un fluido en circulación, la densidad equivalente de circulación en lb/gal es igual al cabezal hidrostático (psi) más la caída total de presión anular (psi) dividida por la profundidad (pies) y por 0,052.
- **Derrumbe:** El colapso parcial o completo de las paredes de un pozo, como resultado de formaciones incompetentes y no consolidadas; ángulo o pendiente alta; y humectación a lo largo de los planos internos de estratificación.
- **Desviación del Pozo:** Perforar direccionalmente alrededor de un pescado o partiendo de un pozo existente.
- **Embolamiento:** Acumulación de material perforado por encima de la broca o barrena impidiendo que se continúe perforando.

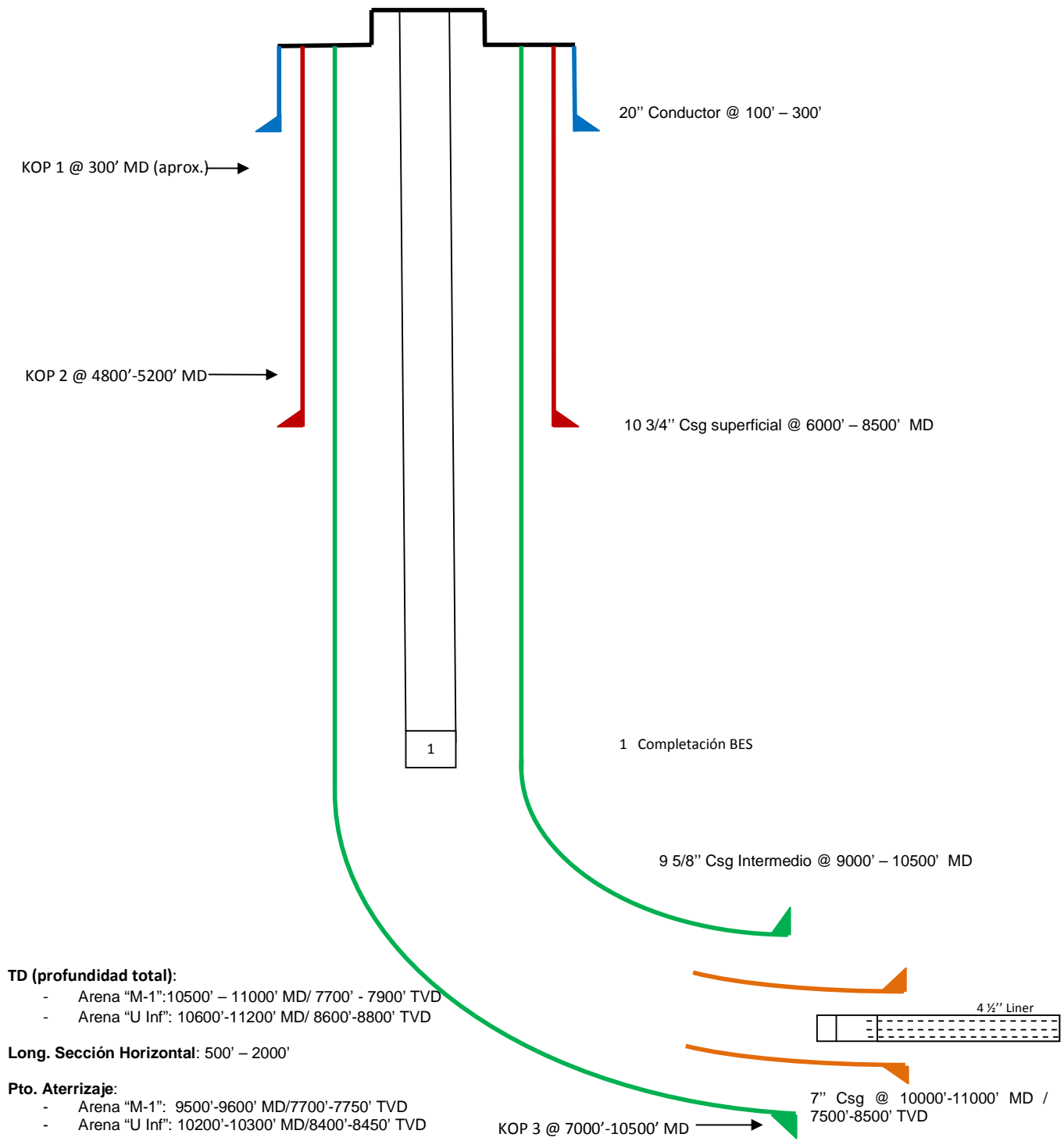
- **Esfuerzo de Gel:** La capacidad o medida de la capacidad de un coloide para formar geles. El esfuerzo de gel es una unidad de presión reportada generalmente en lb/100 pies². Constituye una medida de las mismas fuerzas entre partículas de un fluido que las que son determinadas por el punto cedente, excepto que el esfuerzo de gel se mide bajo condiciones estáticas, mientras que el punto cedente se mide en condiciones dinámicas. Las medidas comunes de esfuerzo de gel son los geles iniciales y los geles a 10 segundos, 10 minutos y 30 minutos.
- **Espacio Anular:** El espacio entre la columna de perforación y la pared del pozo o de la tubería de revestimiento.
- **EOC:** End Of Construction.
- **Falla:** Término geológico que indica una rotura de la formación, hacia arriba o hacia abajo, en los estratos subsuperficiales. Las fallas pueden afectar considerablemente los programas de lodo y de tubería de revestimiento implementados en la zona.
- **Filtración:** El proceso de separación de sólidos suspendidos de su líquido, forzando el líquido a través de un medio poroso. Dos tipos de filtración de fluido ocurren en un pozo: filtración dinámica durante la circulación y filtración estática cuando el fluido no está circulando.
- **Gumbo:** Cualquier formación relativamente pegajosa, tal como las arcillas encontradas durante la perforación.
- **Gravedad API:** La gravedad (peso por volumen unitario) del crudo u otros fluidos relacionados, medida con un sistema recomendado por el Instituto Americano del Petróleo (API).
- **HWDP:** Heavy weight drill pipe. Tubería pesada de perforación.
- **Inhibidor (Corrosión):** Cualquier agente que al ser agregado a un sistema, previene una reacción química o corrosión.
- **Junta de Tubería de Perforación:** Una unión de tubería de perforación que consta de conexiones macho y hembra de varios diseños y tamaños. El diseño interno de las juntas de tubería de perforación tiene un efecto importante sobre la hidrología del lodo.
- **KOP -Punto de desvío del pozo-:** Kick Off Point –, varios puntos donde cambia el ángulo de inclinación del mismo.

- **Liner ranurado:** -Slotted liner-, una tubería de revestimiento corta de completación que tiene ranuras cortadas en fábrica al ser introducida. No requiere perforaciones. Las ranuras son generalmente seleccionadas de acuerdo con las medidas de control de arena anticipadas.
- **LWD:** -Logging While Drill-, Registros Mientras se Perfora.
- **Lodo o Fluido de Perforación:** Un fluido en circulación que se usa en la perforación rotatoria para cumplir cualquiera o todas las funciones requeridas en la operación de perforación.
- **Lodo Base Agua:** Fluidos de perforación convencionales comunes. El agua es el medio de suspensión para los sólidos y constituye la fase continua, independientemente de que el fluido contenga o no aceite.
- **Lutita:** Roca arcillosa de grano fino con un clivaje de tipo pizarra, a veces conteniendo una sustancia orgánica petrolífera.
- **Material Densificante:** Cualquiera de los materiales de alta gravedad específica usados para aumentar la densidad de los fluidos de perforación.
- **MD:** Profundidad medida (MD "Measure Depth").
- **MWD:** -Measure While Drilling- Medición Mientras se Perfora.
- **MW:** Mud weight- Densidad del lodo en lbs/gl.
- **Over-lap:** Traslapar, sobreponer.
- **Pata de Perro:** -Dogleg- El "codo" causado por un cambio marcado de dirección en el pozo.
- **Pega de tubería:** Una condición según la cual la tubería de perforación, la tubería de revestimiento u otros dispositivos pueden quedar bloqueados en el pozo. Puede ocurrir durante la perforación, mientras que se mete la tubería de revestimiento en el pozo o cuando se levanta la tubería de perforación. En general, esto resulta en una operación de pesca.
- **Pega por Presión Diferencial:** Pega que ocurre porque una parte de la columna de perforación (generalmente los portabarrenas) está embutida en el revoque, resultando en una distribución no uniforme de la presión alrededor de la circunferencia de la tubería. Las condiciones esenciales para la pegadura requieren una formación permeable y una presión diferencial.

- **Pérdida de Circulación:** El resultado de la fuga de fluido de perforación entro de la formación a través de fisuras, medios porosos o dentro de fracturas.
- **Pérdida de Fluido (Filtrado):** Medida de la cantidad relativa de pérdida de fluido (filtrado) a través de formaciones o membranas permeables, cuando el fluido de perforación está sometido a una presión diferencial.
- **Pérdida de Presión:** La pérdida de presión en un conducto o espacio anular, debido a la velocidad del líquido en el conducto, las propiedades del fluido, la condición de la pared de la tubería y la alineación de la tubería.
- **Perforación Rotatoria:** El método de perforar pozos que depende de la rotación de una columna de tubería de perforación hasta el fondo donde está conectada una barrena. Se hace circular un fluido para eliminar los recortes.
- **Pesca:** Operaciones realizadas en el equipo de perforación para recuperar del pozo las secciones de tuberías, portabarrenas, basuras u otros objetos obstruyentes que están pegados o que han caído en el pozo.
- **pH:** Abreviatura de ion hidrógeno potencial. Los números de pH varían de 0 a 14, 7 siendo neutro, y constituyen índices de la acidez (menos de 7) o alcalinidad (más de 7) del fluido. El pH de una solución ofrece información valiosa sobre la acidez o alcalinidad inmediata, comparada con la acidez o alcalinidad total (la cual puede ser valorada).
- **Porosidad:** La cantidad de espacio vacío en una roca de formación, generalmente expresada como porcentaje de vacío por volumen total.
- **Presión Diferencial:** La diferencia de presión entre la presión hidrostática de la columna de fluido de perforación y la presión de la formación a cualquier profundidad determinada del pozo.
- **Profundidad Total (TD):** La mayor profundidad alcanzada por la barrena.
- **Punto Cedente (YP):** -Yield Point- En la terminología de los fluidos de perforación, el punto cedente significa el valor de cedencia. De los dos términos, punto cedente es la expresión más usada.
- **Registro de Lodo:** Un método para determinar la presencia o ausencia de petróleo o gas en las diferentes formaciones penetradas por la barrena. El fluido de perforación y los recortes son continuamente sometidos a pruebas al

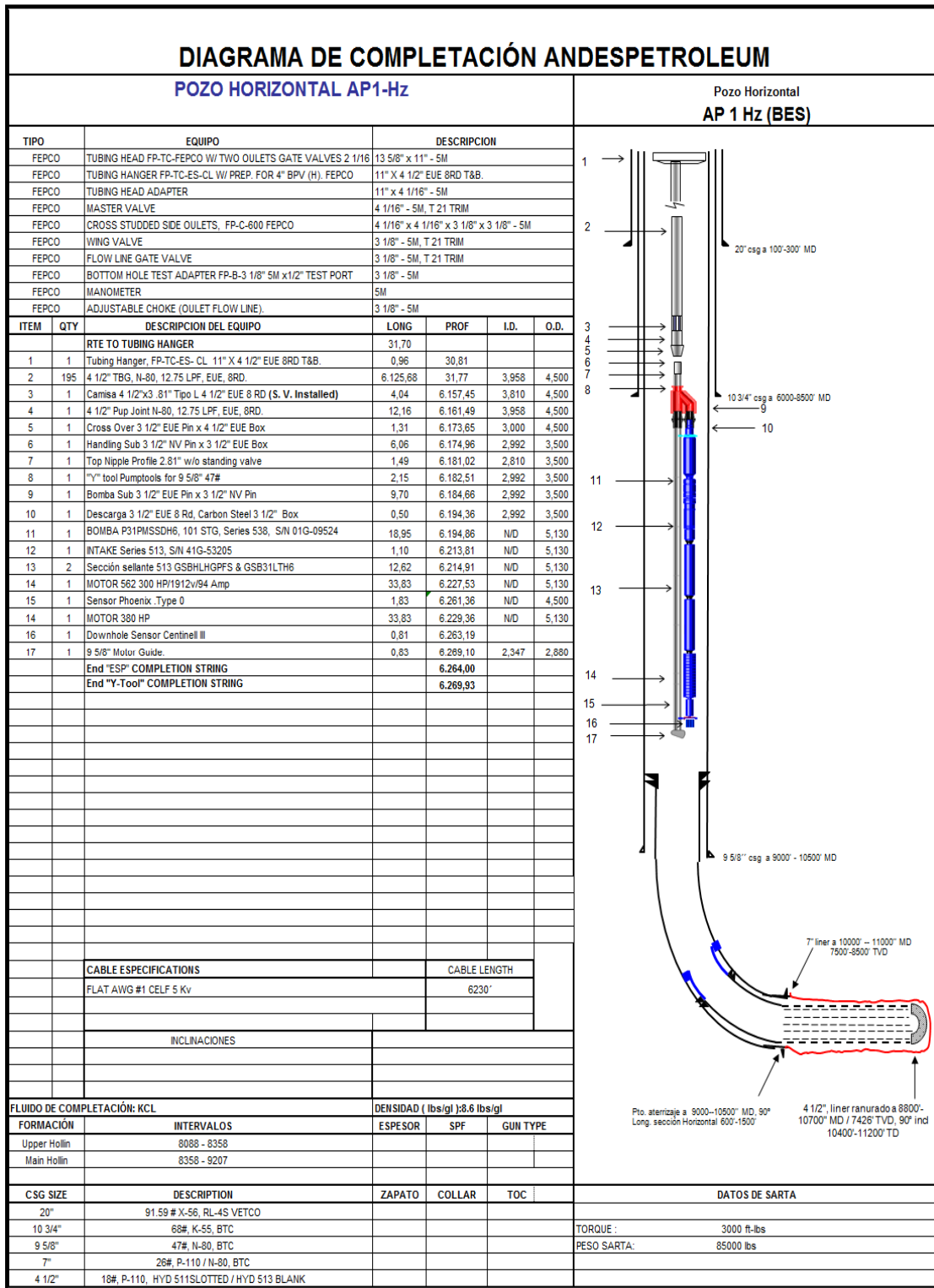
- regresar a la superficie, y los resultados de estas pruebas son correlacionados con la profundidad de origen.
- **Resistividad:** La resistencia eléctrica al paso de una corriente, expresada en ohmios-metro; recíproco de la conductividad. Los lodos de agua dulce están generalmente caracterizados por una resistividad alta, mientras que los lodos de agua salada tienen una resistividad baja.
 - **Target:** Objetivo geológico en profundidad de un pozo horizontal.
 - **TVD (Total vertical depth):** -Profundidad vertical verdadera -
 - **Torque:** Una medida de la fuerza o esfuerzo aplicado a un eje, causando su rotación. En un equipo de perforación rotatorio, esto se aplica especialmente a la rotación de la tubería de perforación, en lo que se refiere a su acción contra el calibre del pozo. El torque puede generalmente ser reducido mediante la adición de varios aditivos del fluido de perforación.
 - **Top job:** Cementación forzada.
 - **Tubería de revestimiento:** -Casing-
 - **Viscosidad:** La resistencia interna de un fluido al flujo. Este fenómeno puede atribuirse a las atracciones entre las moléculas de un líquido, constituyendo una medida de los efectos combinados de adhesión y cohesión, a los efectos de las partículas suspendidas y al ambiente líquido. Cuanto mayor sea esta resistencia, mayor será la viscosidad.
 - **Viscosidad Plástica (VP):** La viscosidad plástica es una medida de la resistencia interna al flujo de fluido, atribuible a la cantidad, tipo y tamaño de los sólidos presentes en un fluido determinado. Se expresa como número de dinas por cm^2 de esfuerzo de corte tangencial en exceso del valor de cedencia de Bingham que provocará una cantidad unitaria de corte.
 - **Washout (WO):** Hueco agrandado
 - **WOB (weight over bit):** Peso sobre la broca.
 - **Zaranda:** Cualquiera de varios dispositivos mecánicos que utilizan mallas para eliminar los recortes y otros sólidos grandes del lodo.

ANEXOS

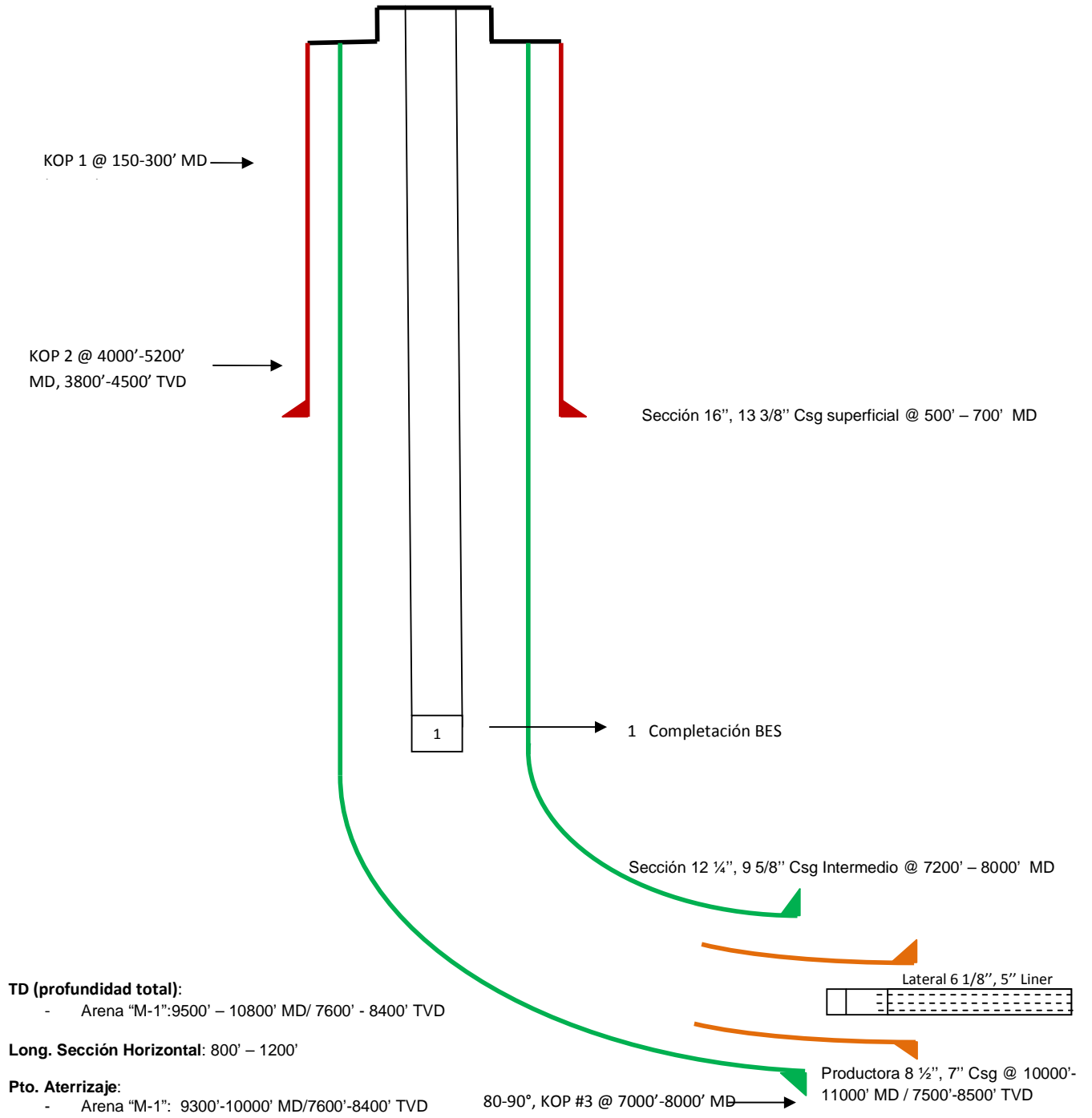


Anexo 1.1: Estado mecánico de secciones de pozos horizontales de la compañía ANDESPETROLEUM

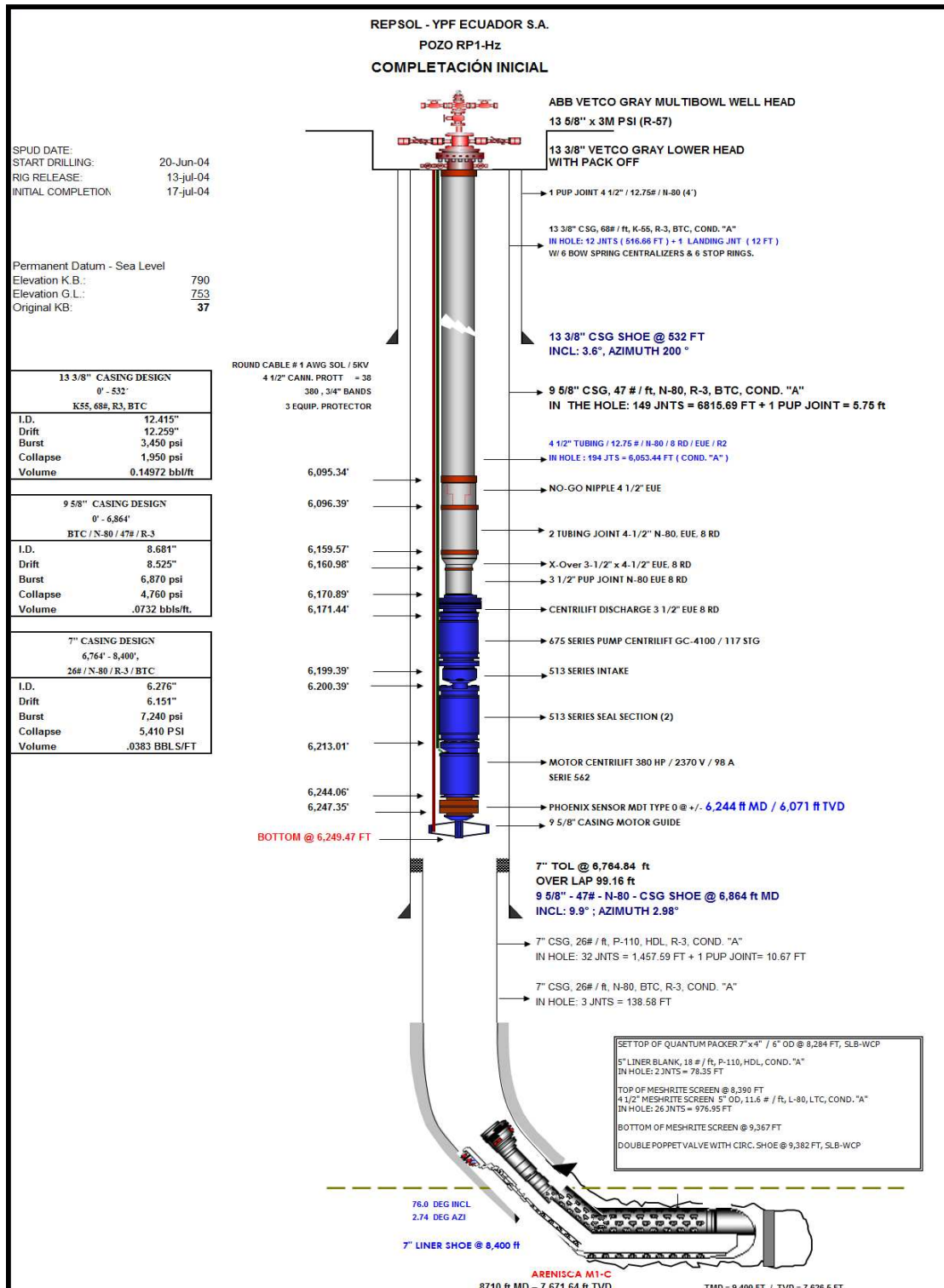
Realizado por: Sebastián Garnica y Soledad Barahona



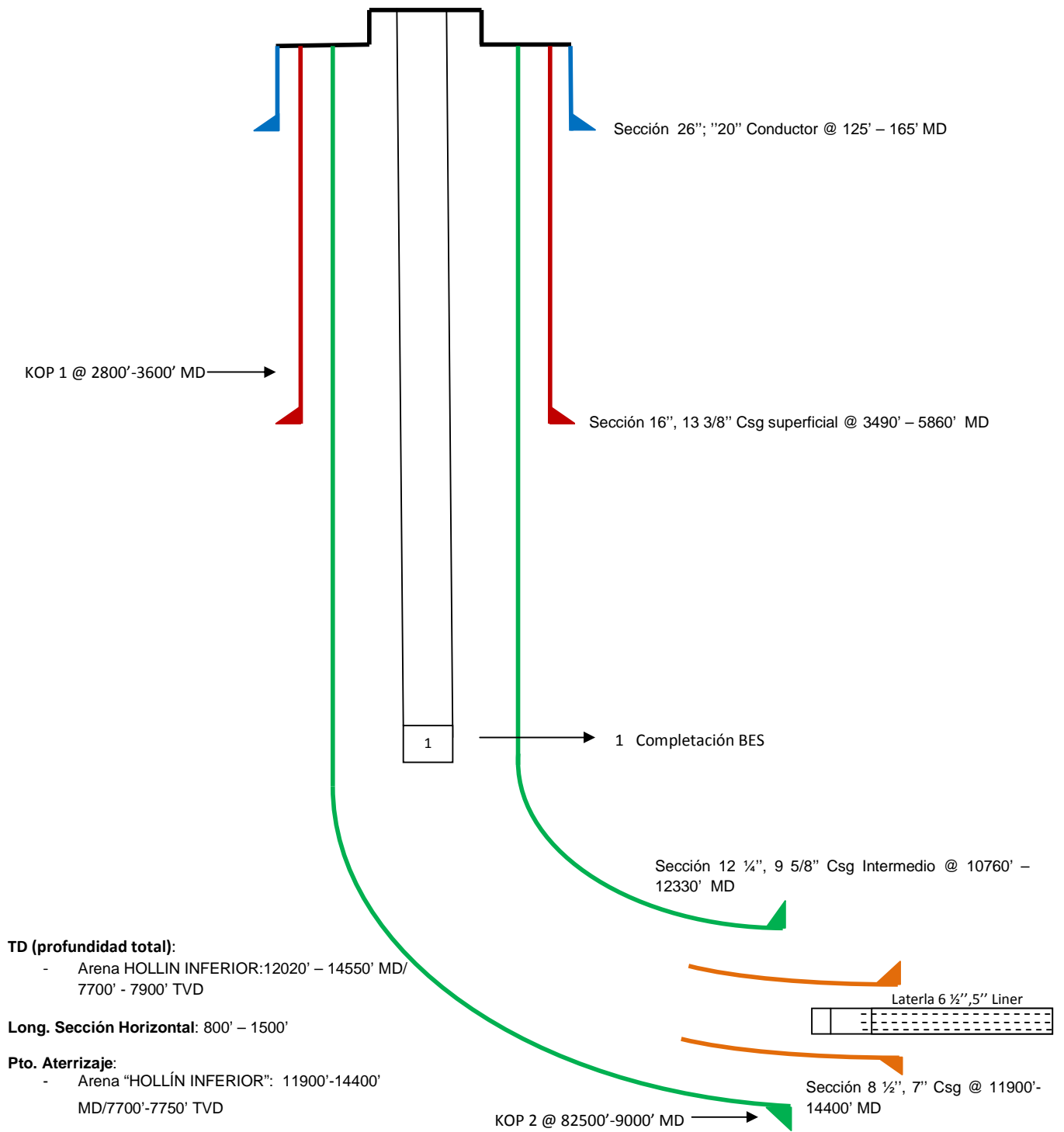
Anexo 1.2: Diagrama de Completación del pozo AP-1Hz
Fuente: Dirección Nacional de Hidrocarburos



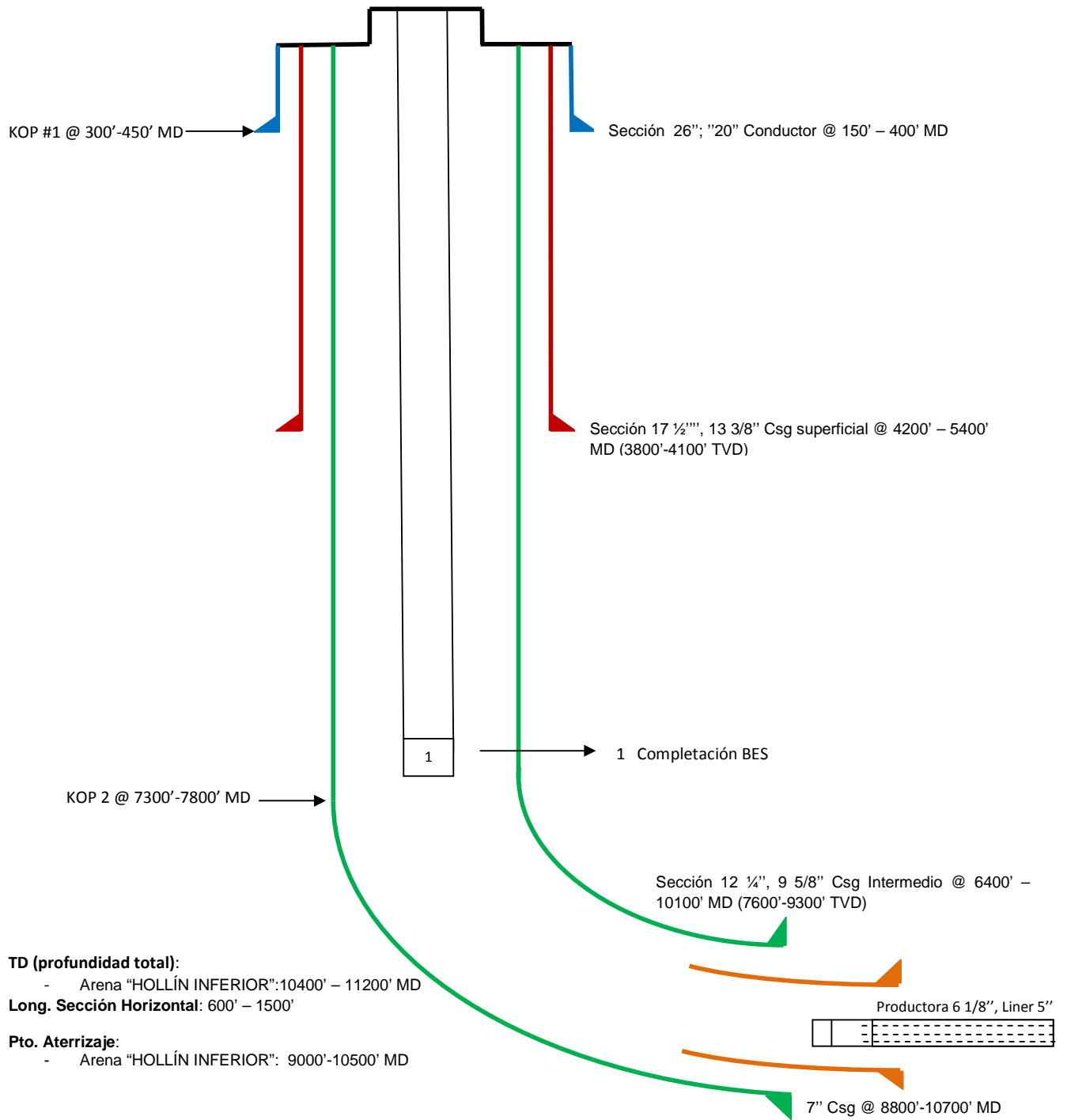
Anexo 1.3: Estado mecánico de secciones de los pozos horizontales de la compañía REPSOL YPF
Realizado por: Sebastián Garnica y Soledad Barahona



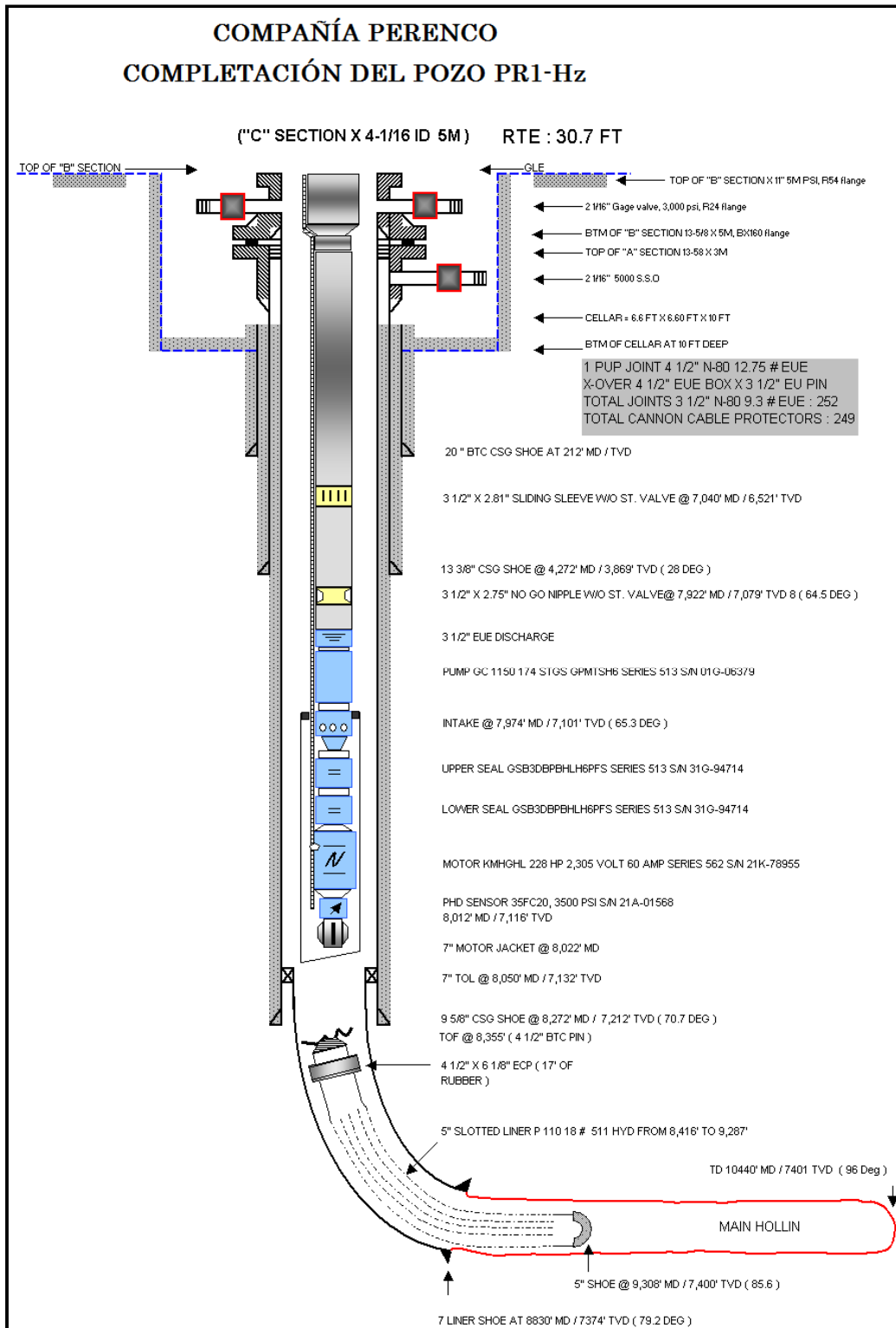
Anexo 1.4: Diagrama de Completación del pozo RP1-Hz
Fuente: Dirección Nacional de Hidrocarburos



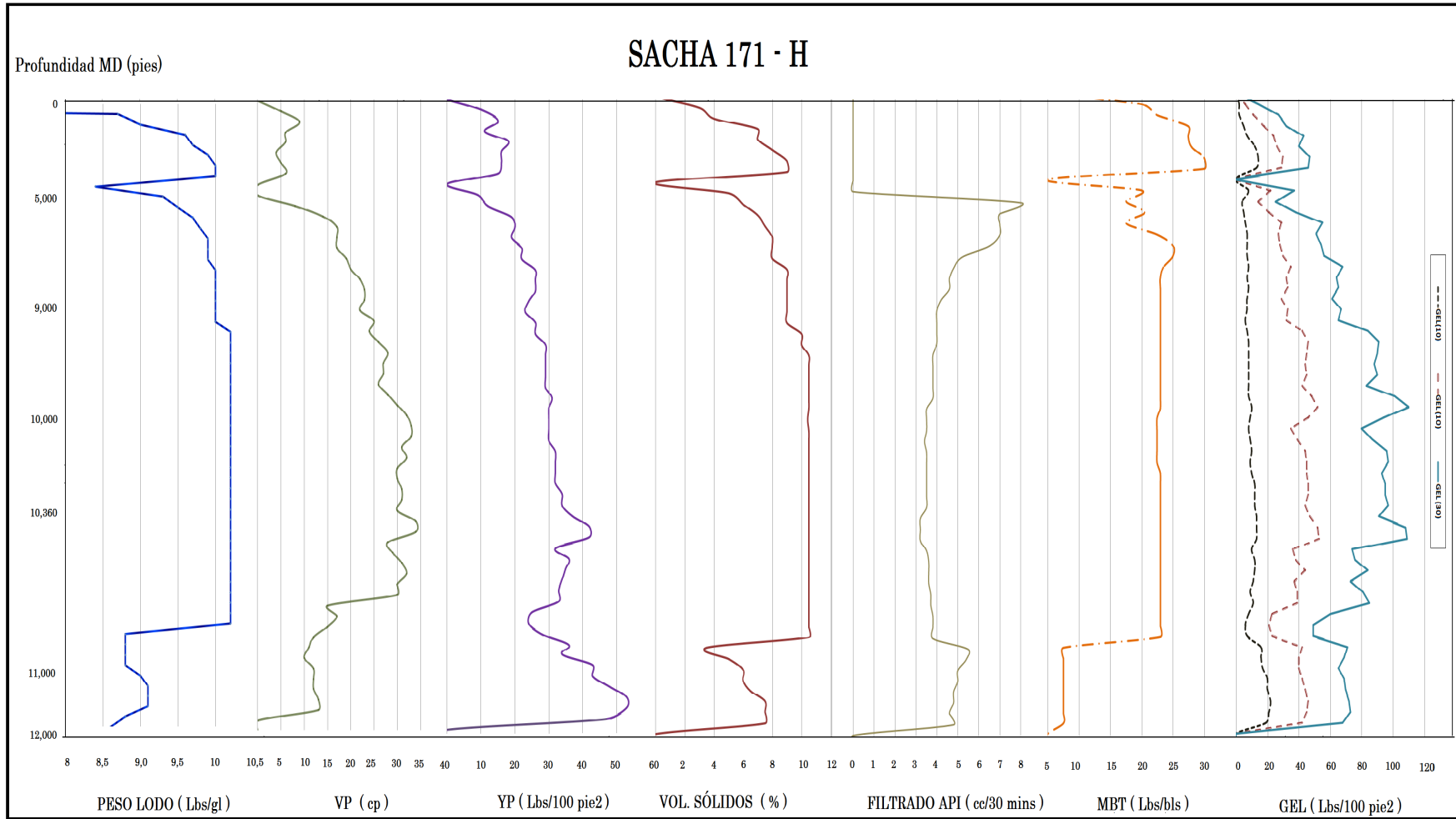
Anexo 1.5: Estado mecánico de secciones de pozos horizontales de la compañía AGIP OIL
Realizado por: Sebastián Garnica y Soledad Barahona



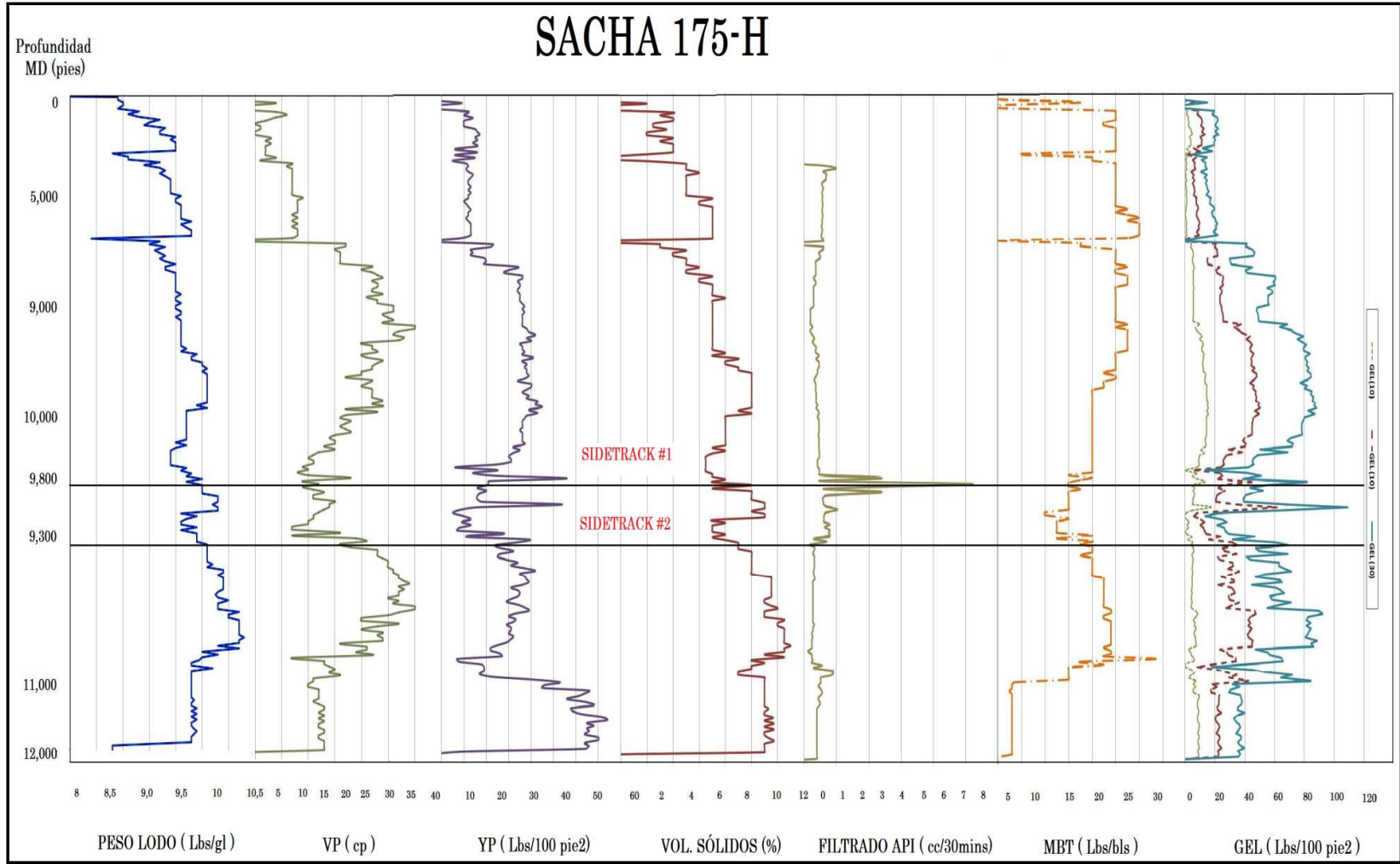
Anexo 1.7: Estado mecánico de secciones de pozos horizontales de la compañía PERENCO
Realizado por: Sebastián Garnica y Soledad Barahona



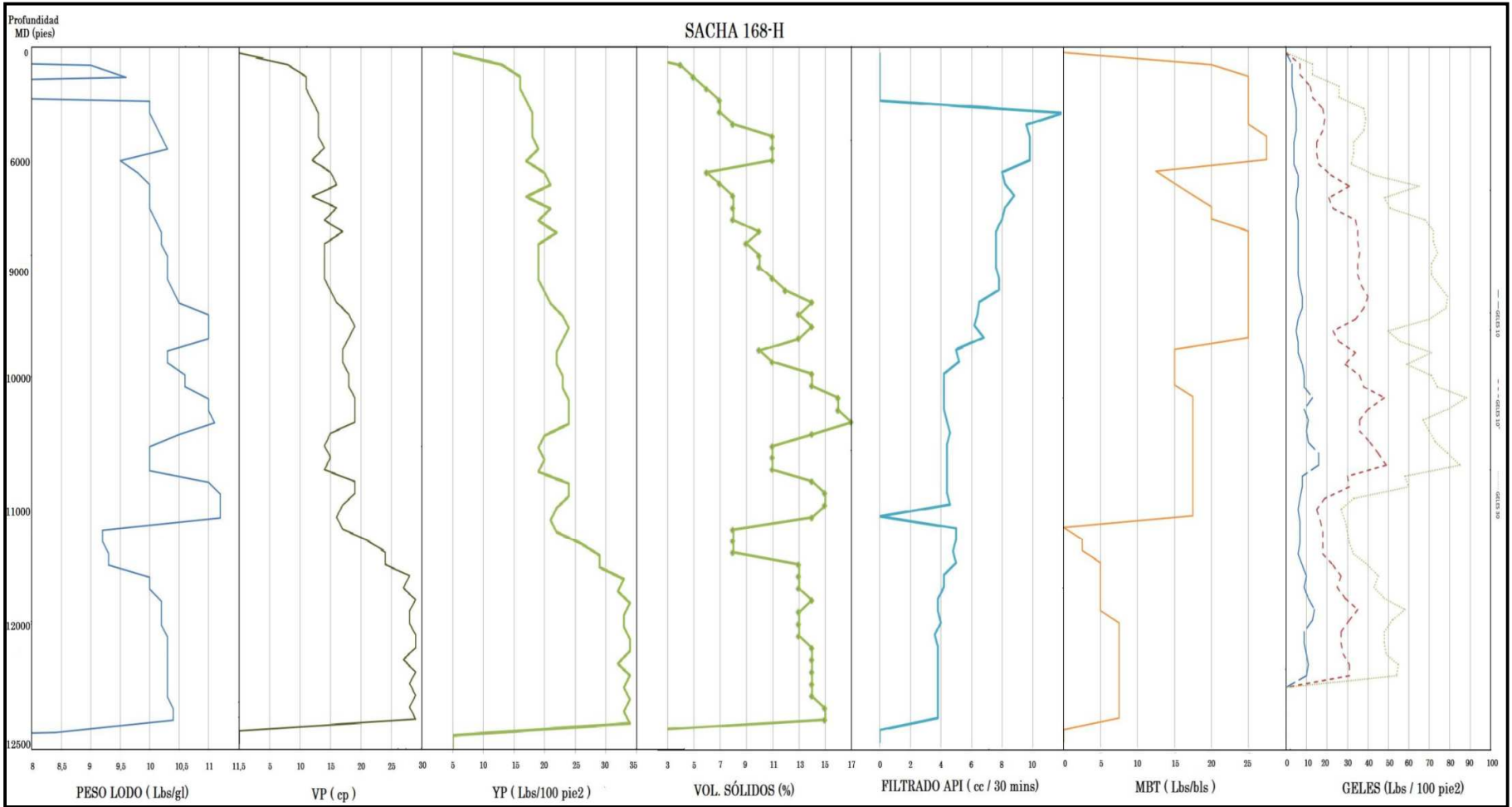
Anexo 1.8: Diagrama de Completación del pozo Pr1-Hz
Fuente: Dirección Nacional de Hidrocarburos



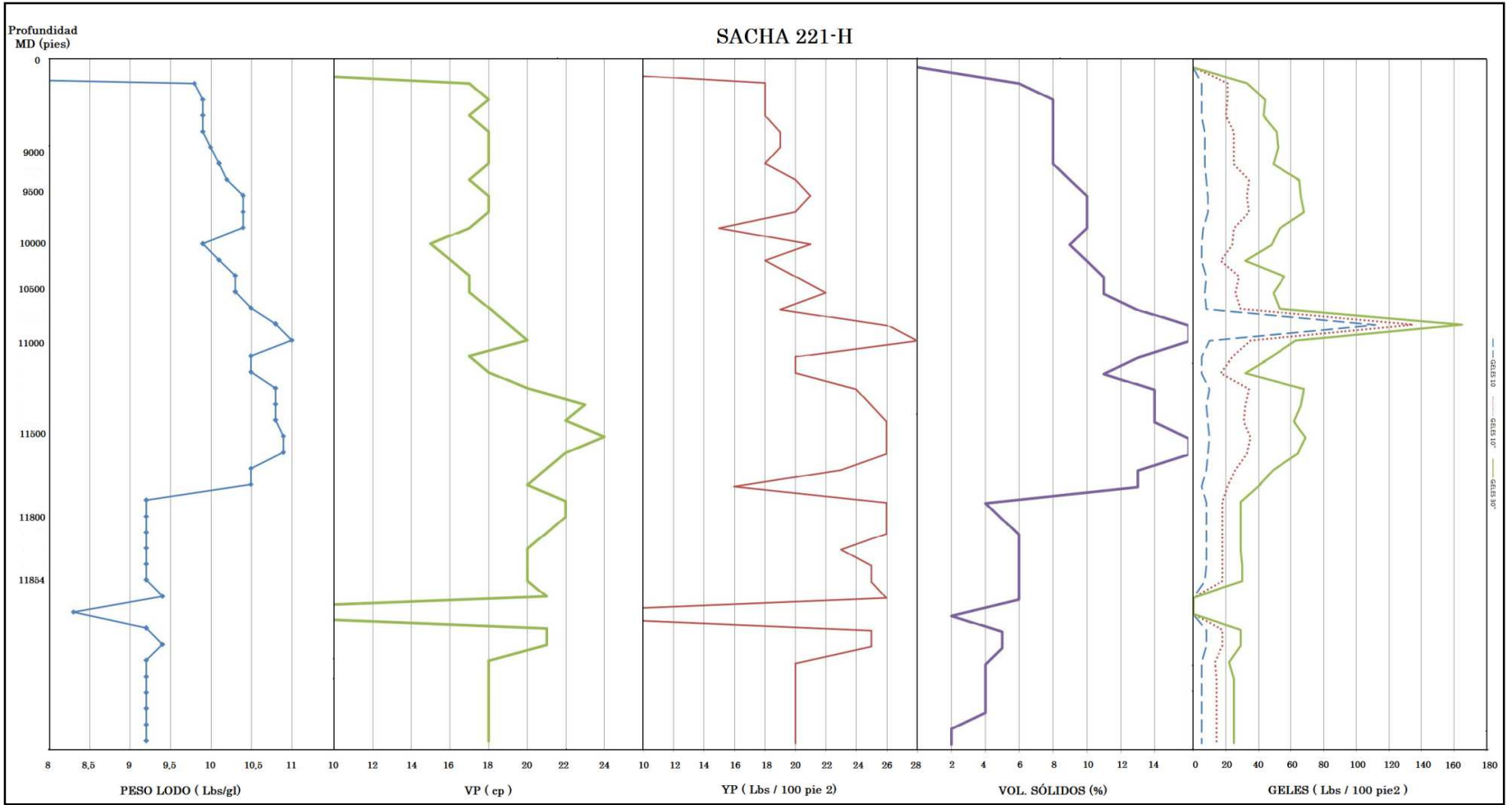
Anexo 2.1: Diagrama de Profundidad vs Propiedades del lodo del pozo Sacha 171 H
Fuente: Reportes de perforación Campo Sacha



2.2: Diagrama de Profundidad vs Propiedades del lodo del pozo Sacha 175 H
Fuente: Reportes de perforación Campo Sacha



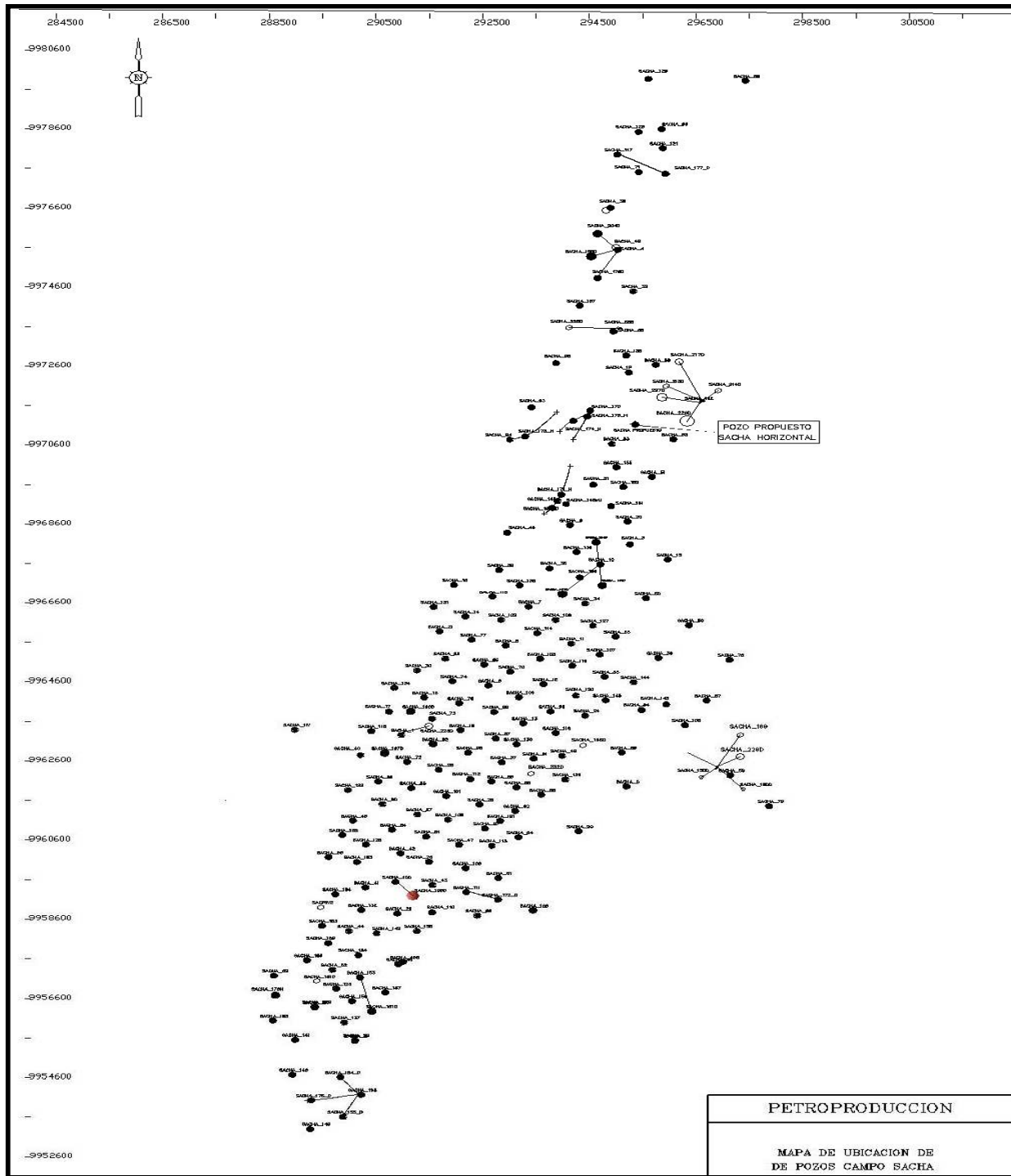
Anexo 2.3: Diagrama de Profundidad vs Propiedades del lodo del pozo Sacha 168 H
Fuente: Reportes de perforación Campo Sacha



Anexo 2.4: Diagrama de Profundidad vs Propiedades del lodo del pozo Sacha 221H

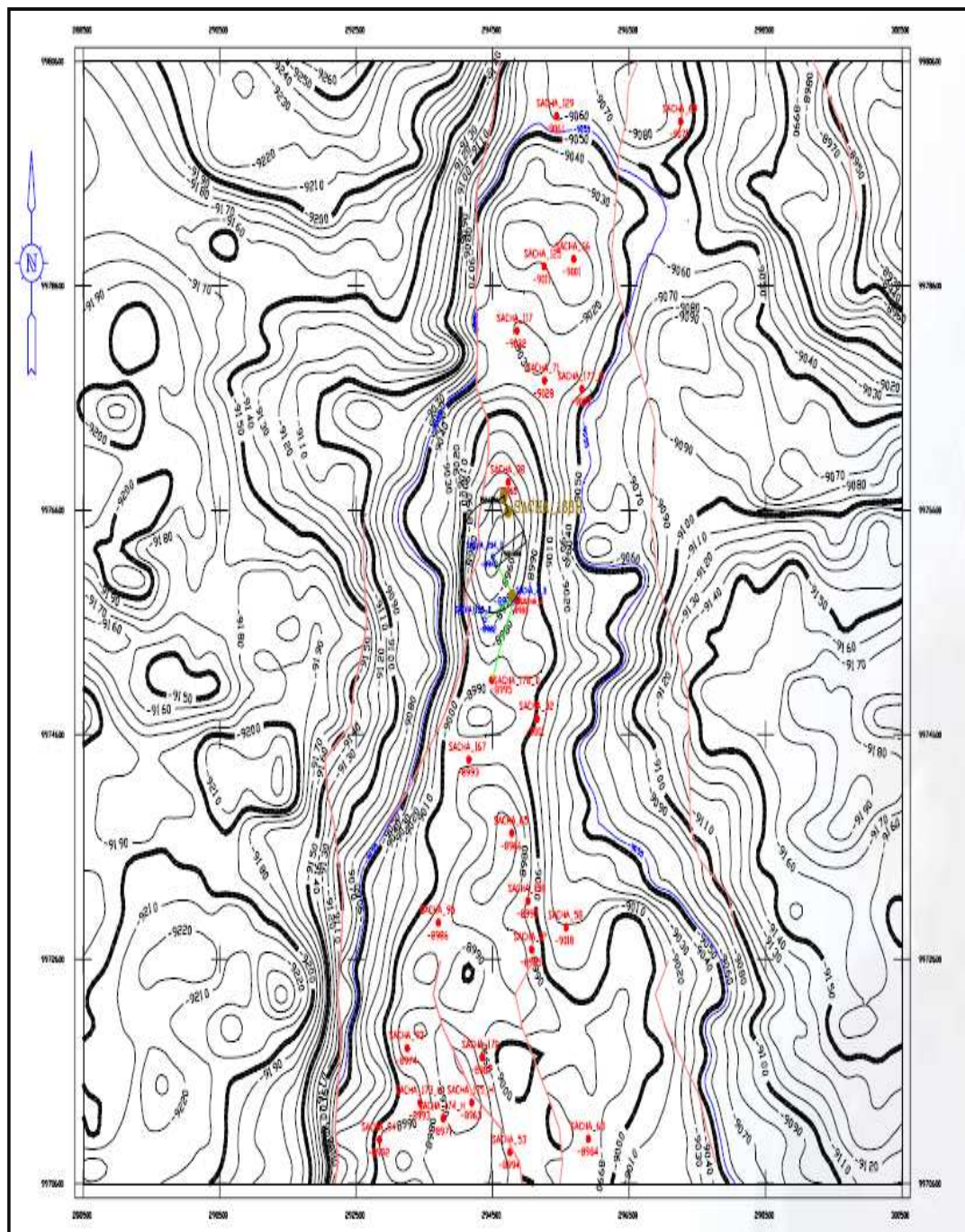
Fuente: Reportes de perforación Campo Sacha

MAPA DE UBICACIÓN DE POZOS CAMPO SACHA

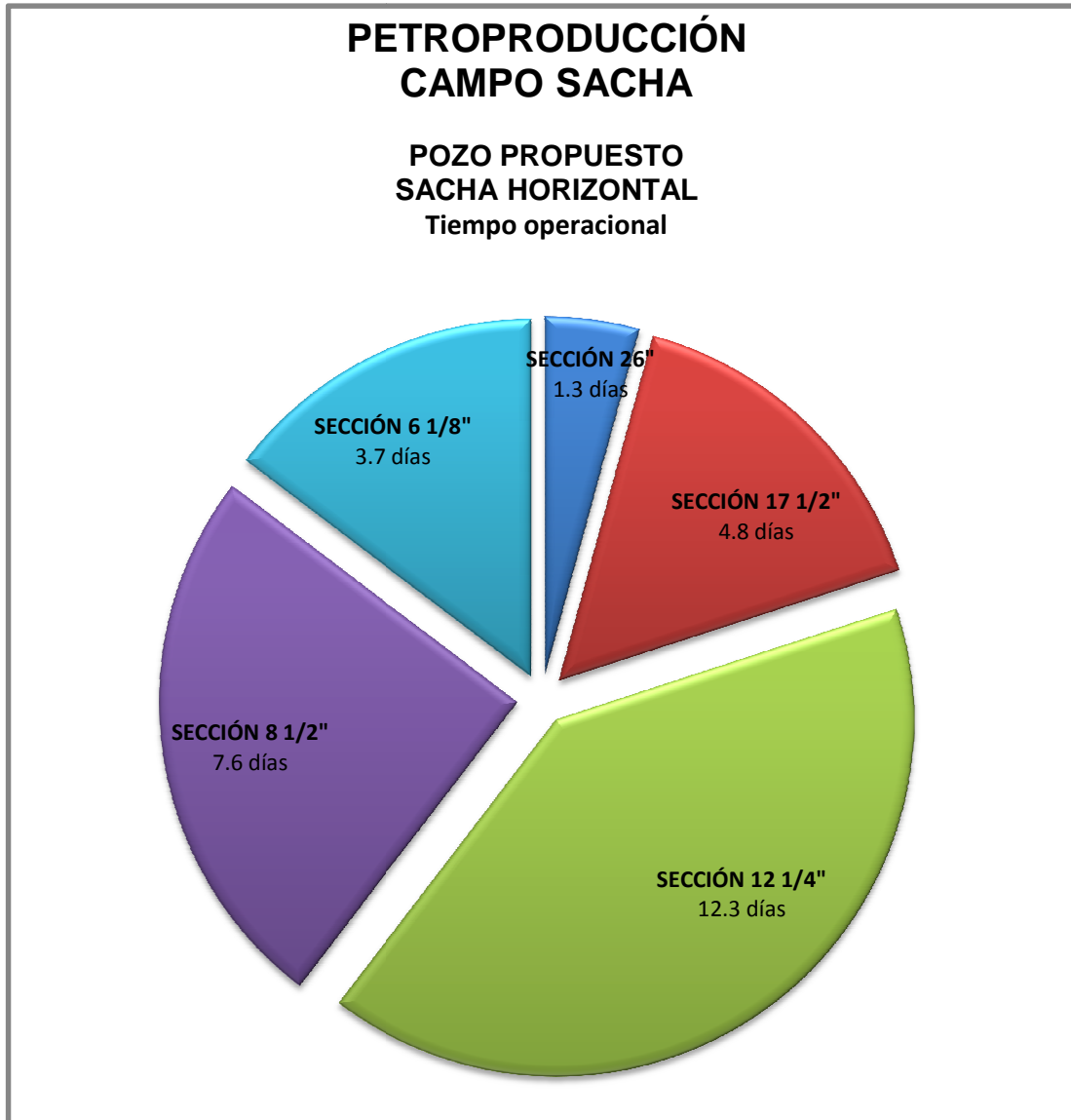


Anexo 4.1: Mapa de Ubicación del pozo propuesto Sacha Horizontal
 Fuente: Ingeniería en Geología PETROPRODUCCION

MAPA ESTRUCTURAL FORMACIÓN HOLLÍN PRINCIPAL



Anexo 4.2: Mapa Estructural Formación Hollín Principal
Fuente: Dpto. de Ingeniería en Petróleos Campo Sacha



Anexo 5.1: Tiempo operacional Pozo Propuesto Sacha Horizontal
Elaborado por: Soledad Barahona y Sebastián Garnica
Fuente: Petroproducción