

Perforación y Terminación de pozos Exploratorios en la cuenca Noroeste bajo la modalidad Gerenciamiento

Autores: Maximiliano Caratti, San Antonio Internacional (mcaratti@sanantoniointernacional.com), Germán Bueloni, San Antonio Internacional (gbueloni@sanantoniointernacional.com)

Sinopsis

El Proyecto consistió en el estudio, programación técnica-económica y ejecución de dos pozos en la zona de Tartagal Oriental, ubicada a 70km al noreste de la ciudad de Tartagal, provincia de Salta y dos pozos en la zona de Morillo, provincia de Salta a 200km al este de Tartagal, para la Operadora UTE Maxipetrol-High Luck.

Hasta la fecha se ejecutó solamente el pozo El Relleno.x-1 que es el primero de la zona de Tartagal Oriental que estuvo programado con dos cañerías de entubación, la primera de 9 5/8" a 600m y la segunda de 5 1/2" a la profundidad de 2550m con un total de 27,12 días. El pozo se ejecutó en 21,08 días a una profundidad de 2500m. Quedan pendientes de ejecutar tres pozos bajo esta misma modalidad comercial.

Para el diseño, verificación y programación se utilizó software de ingeniería, alimentado con información de referencia proporcionada por la empresa Operadora e información propia de la empresa Gerenciadora, en base a la experiencia de haber perforado ampliamente con equipos propios en la zona Norte del País.

El programa de cada pozo tipo se realizó teniendo en cuenta la utilización de servicios de la compañía Gerenciadora, a saber: equipo de perforación y terminación, servicios de cementación, de perforación direccional, ingeniería y supervisión de pozo. El resto de los servicios programados fueron seleccionados mediante un estudio comparativo técnico económico luego de haberse realizado la licitación correspondiente. La selección de las compañías que resultaron favorecidas en la compulsa, fue realizada conjuntamente con los representantes técnicos de la compañía Gerenciadora y Operadora.

Durante la ejecución del primer pozo del Proyecto, el control y la logística de los servicios (propios y de terceros) estuvo a cargo del sector de ingeniería de la compañía Gerenciadora.

El pozo fue ejecutado siguiendo con el programa de perforación diseñado (tiempos de maniobras, tasa de perforación, etc.) como así también el programa de costos asociado. Es de destacar que se obtuvo una reducción de los tiempos realizados con respecto a los programados, al cumplir con un estricto seguimiento del mismo, aplicando altos estándares de operación, coordinación, logística y seguridad.

Introducción

El Proyecto comenzó con la decisión de la Operadora de realizar una campaña de perforación y terminación de cuatro pozos en la cuenca Norte del País.

Al no poseer en su estructura organizativa el sector técnico de perforación, le encomendó a la compañía Gerenciadora las siguientes etapas del Proyecto.

- Planeamiento y Programación
- Ejecución y Control
- Finalización / Conclusiones

Desarrollo

1- Planeamiento y Programación

La Cía. Operadora suministró información de referencia de la zona (Fig. 1), la cual era escasa siendo en su mayoría de pozos perforados en la década del 50. Esto dificultó el análisis estadístico para realizar el estudio técnico de las zonas a perforar.



Fig. 1

Además suministró una prognosis geológica de cada zona, conteniendo la litología estimada, los pases estimados de formación, perfiles eléctricos solicitados, frecuencia de control geológico y coordenadas X, Y. (Fig. 2)

Como todo Proyecto de perforación, uno de los principales limitantes para su inicio es la provisión de la cañería de entubación y los cabezales de pozo. Por lo que se procedió a realizar el diseño de casing con el software de ingeniería de la Cía. Gerenciadora y bajo factores de seguridad API. (Fig. 3, 4, 5 y 6).

La compañía Gerenciadora realizó el estudio de las velocidades de penetración de los trépanos que se utilizaron en la zona, del lodo más apto para perforar y del equipamiento de control de sólidos necesario.

TIPO DE ACERO	LIBRAJE [#/ft]	CANTIDAD [m]	DESDE [mbbp]	HASTA [mbbp]	INTERNA [psi]	COLAPSO [psi]	TENSION [M lb]	T. CUPLA [M lb]	PESO TRAMO [M lb]
K55	36	600	0	600	3520	2020	564	507,6	61,091

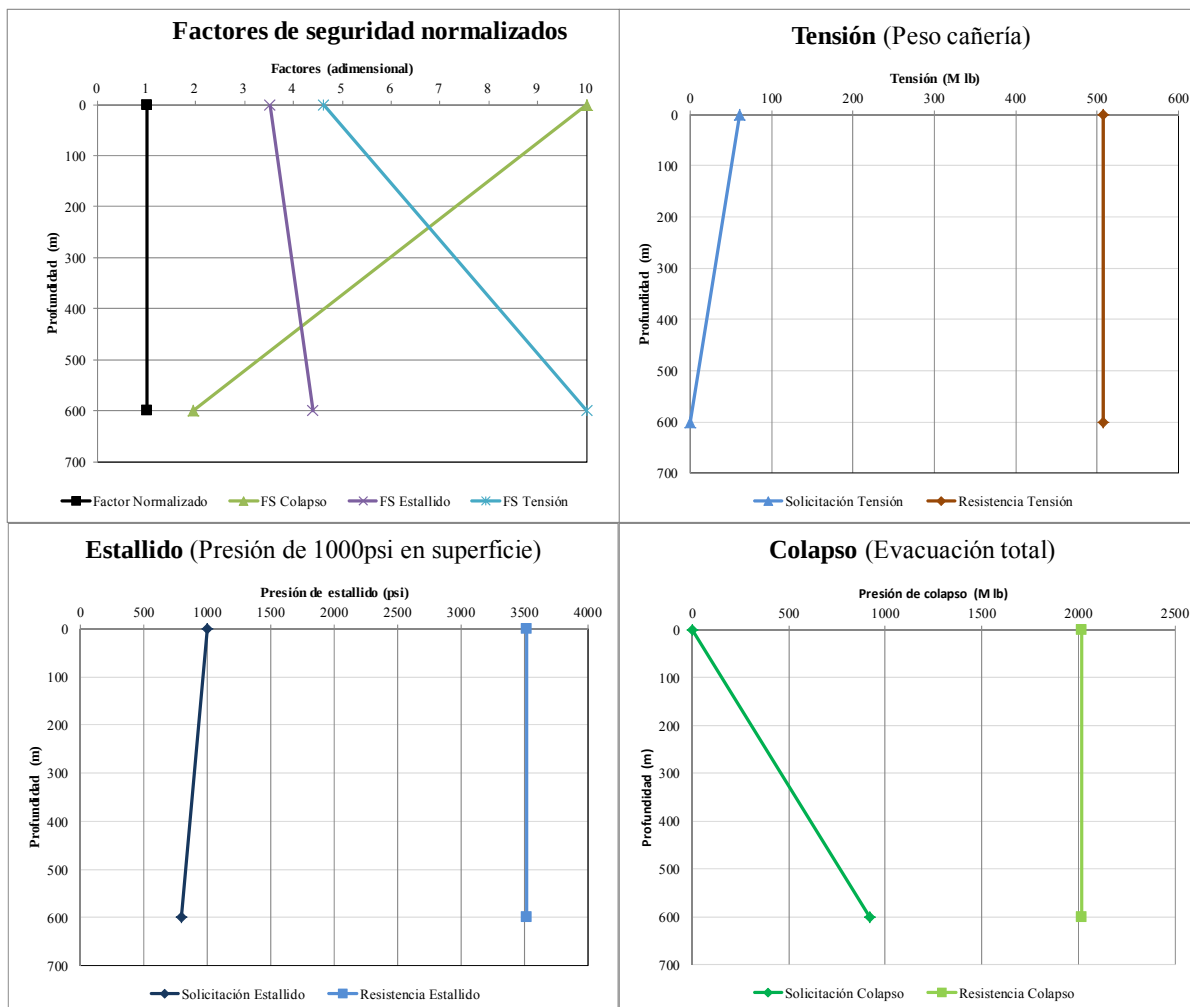


Fig. 3

TIPO DE ACERO	LIBRAJE [#/ft]	CANTIDAD [m]	DESDE [mbbp]	HASTA [mbbp]	INTERNA [psi]	COLAPSO [psi]	TENSION [M lb]	T. CUPLA [M lb]	PESO TRAMO [M lb]
N80	17	99,9	0	100	7740	6280	397	357,3	4,719
K55	17	1300	100	1400	5320	4910	273	245,7	61,407
N80	17	1150	1400	2550	7740	6280	397	357,3	54,322

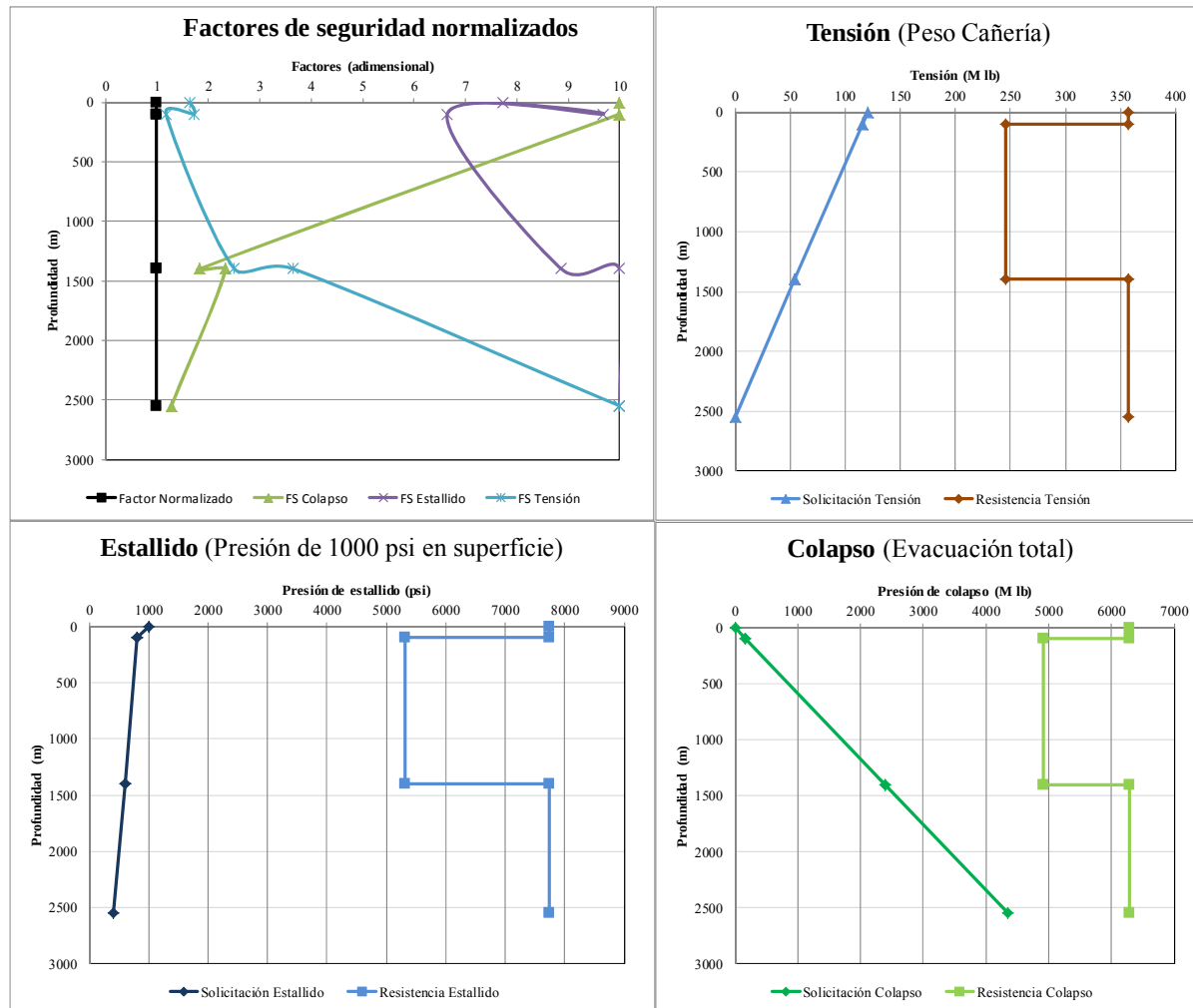


Fig. 4

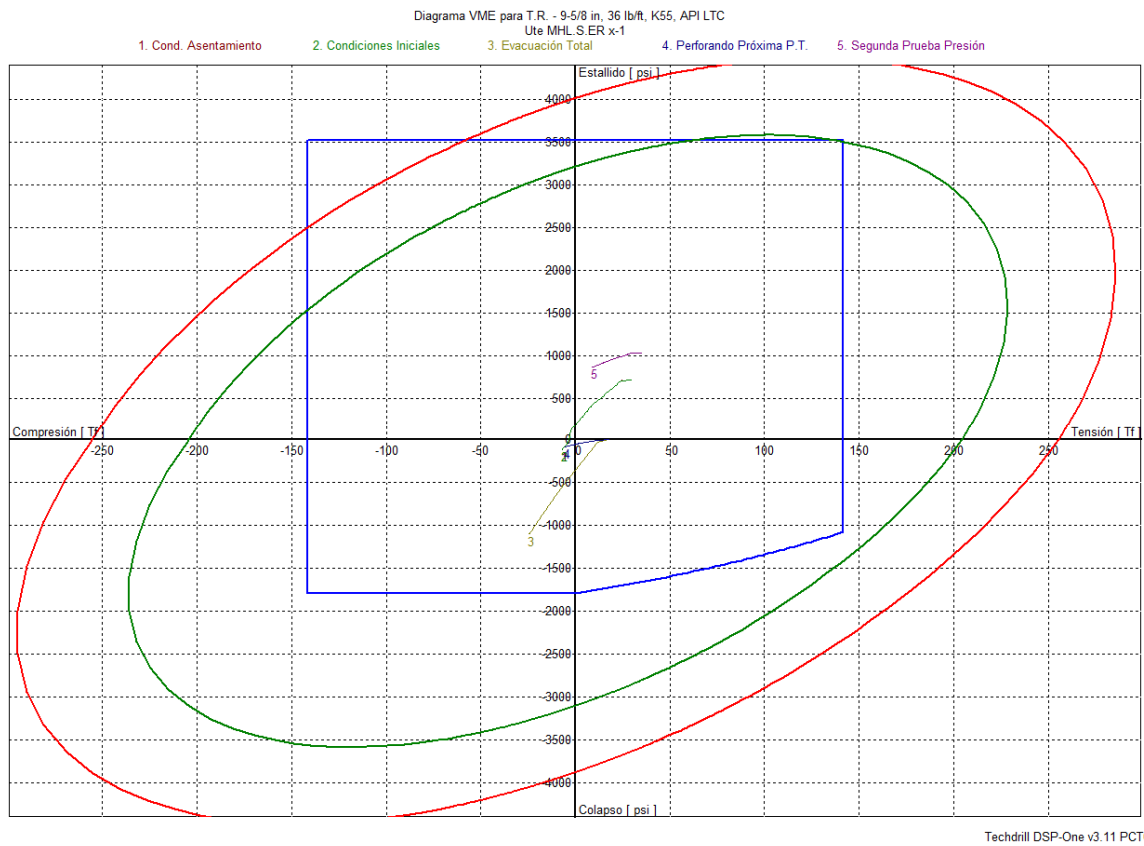


Fig. 5

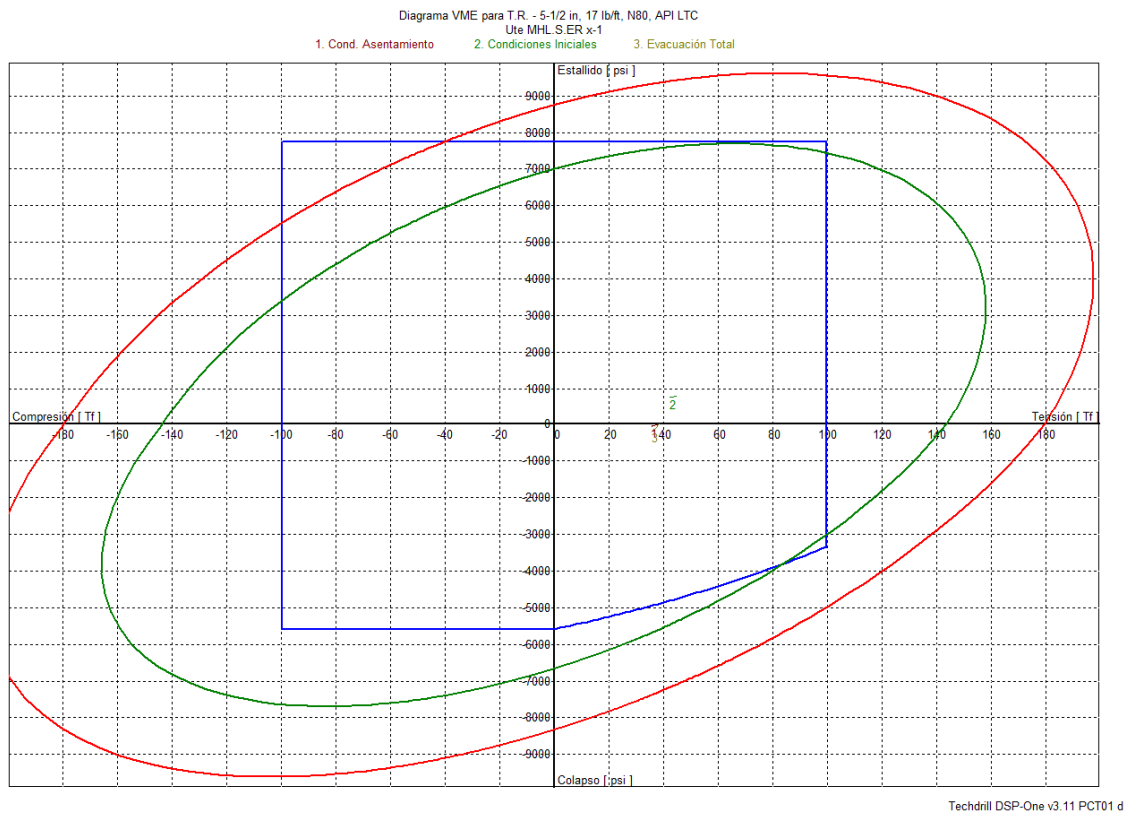


Fig. 6

La compañía Gerenciadora de acuerdo a la profundidad del pozo a perforar y la disponibilidad, seleccionó el equipo de perforación más adecuado para el Proyecto, que en este caso fue el SAI-312. En base a esto, se calculó una estadística de tiempo de DTM promedio por kilómetro, velocidad de maniobras, velocidad de entubación, de montaje de BOP, tiempo de agregados de barras entre otros y con las velocidades de perforación previamente calculadas se generó la curva de avance del programa de perforación (Fig. 7).

YACIMIENTO TARTAGAL ORIENTAL

Pozo: UTE MHL.S.ER.x-1
Profundidad Total: 2550 mbbp

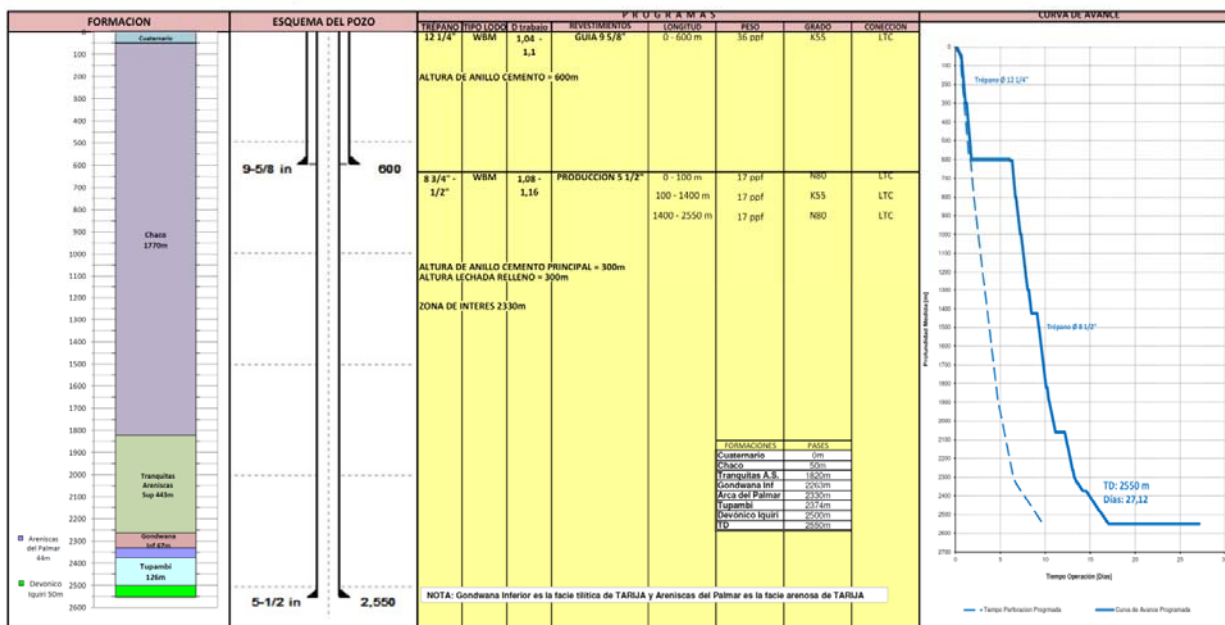


Fig. 7

Para el Proyecto se integraron los servicios propios de la Cía. Gerenciadora,

- Equipo de perforación y terminación
- Servicios de cementación
- Servicios de perforación direccional
- Servicios de ingeniería
- Servicio de supervisión operativa (Company-Man).

Luego se procedió al concurso de precios para el resto de los servicios:

- Trépanos
- Lodo de perforación
- Control de sólidos
- Locación seca
- Transportes varios
- Herramientas varias
- Registros eléctricos a pozo abierto
- Control geológico
- Varios

A posteriori se realizó el estudio de técnico económico de los servicios ofrecidos por cada una de las compañías invitadas y se elaboraron las comparativas para cada servicio. Las mismas se presentaron al

representante de la Operadora y en conjunto se seleccionaron las empresas que posteriormente participaron en el Proyecto.

Paso siguiente se elaboró un AFE (Authorization for expenditure), que fue el costo planificado del Proyecto el cual fue entregado, revisado y posteriormente aprobado por la Operadora.

2- Seguimiento y Control

El pozo El Relleno.x-1 fue perforado por el equipo SAI-312. El avance de la perforación se puede ver en la Fig. 8 donde se comparan las curvas programadas (azul) con la real (rojo).

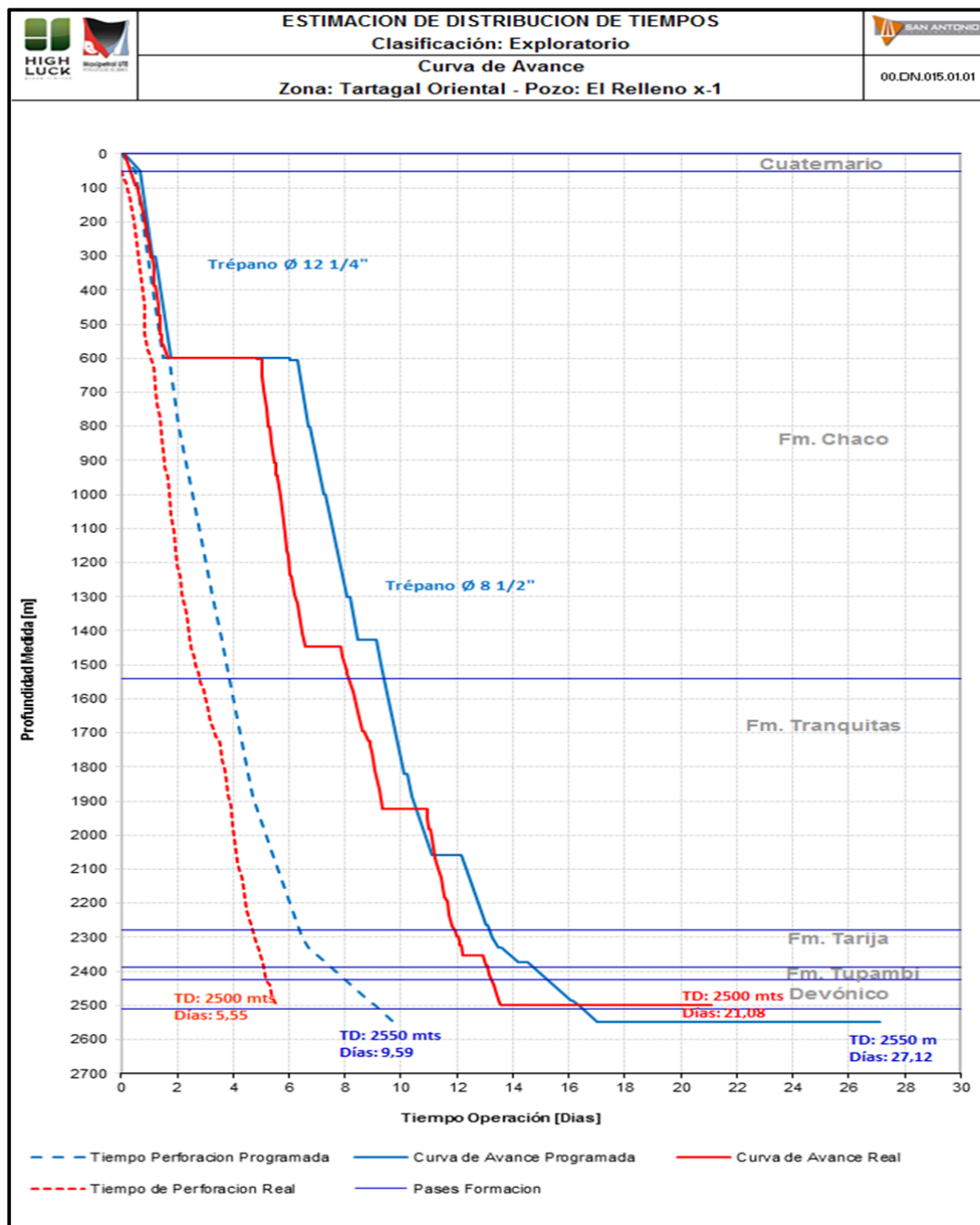


Fig. 8

Se perforó la guía del pozo desde 0m hasta 600m con un trépano tricono de dientes de 12 ¼" IADC 117 (Fig. 9) en 29,5hs con una ROP promedio de 20,34m/h.



Fig. 9

Se perforó el tramo de aislación con 1 trépano en una carrera record. El mismo fue un PDC de 8 ½" con 5 aletas y cortadores de 16mm (Fig. 10) que perforó en una sola carrera desde 600m hasta 2500m en 107,3hs con una ROP de 17,7m/h. cuando la ROP promedio por programación fue de 9,87m/h. Inicialmente se había propuesto un segundo trépano para atravesar las formaciones de Tarija y Tupambi, pero no hizo falta u utilización.



Fig. 10

Los trépanos fueron seleccionados de acuerdo a un estudio de pozos de referencia de la zona que realizaron las dos compañías de trépanos seleccionadas para trabajar en la zona.

Luego de haber perforado el pozo y corrido los perfiles eléctricos del mismo, se procedió a realizar un estudio de compresibilidad donde se pudo ver la dureza de las formaciones atravesadas. (Ver Fig. 11)

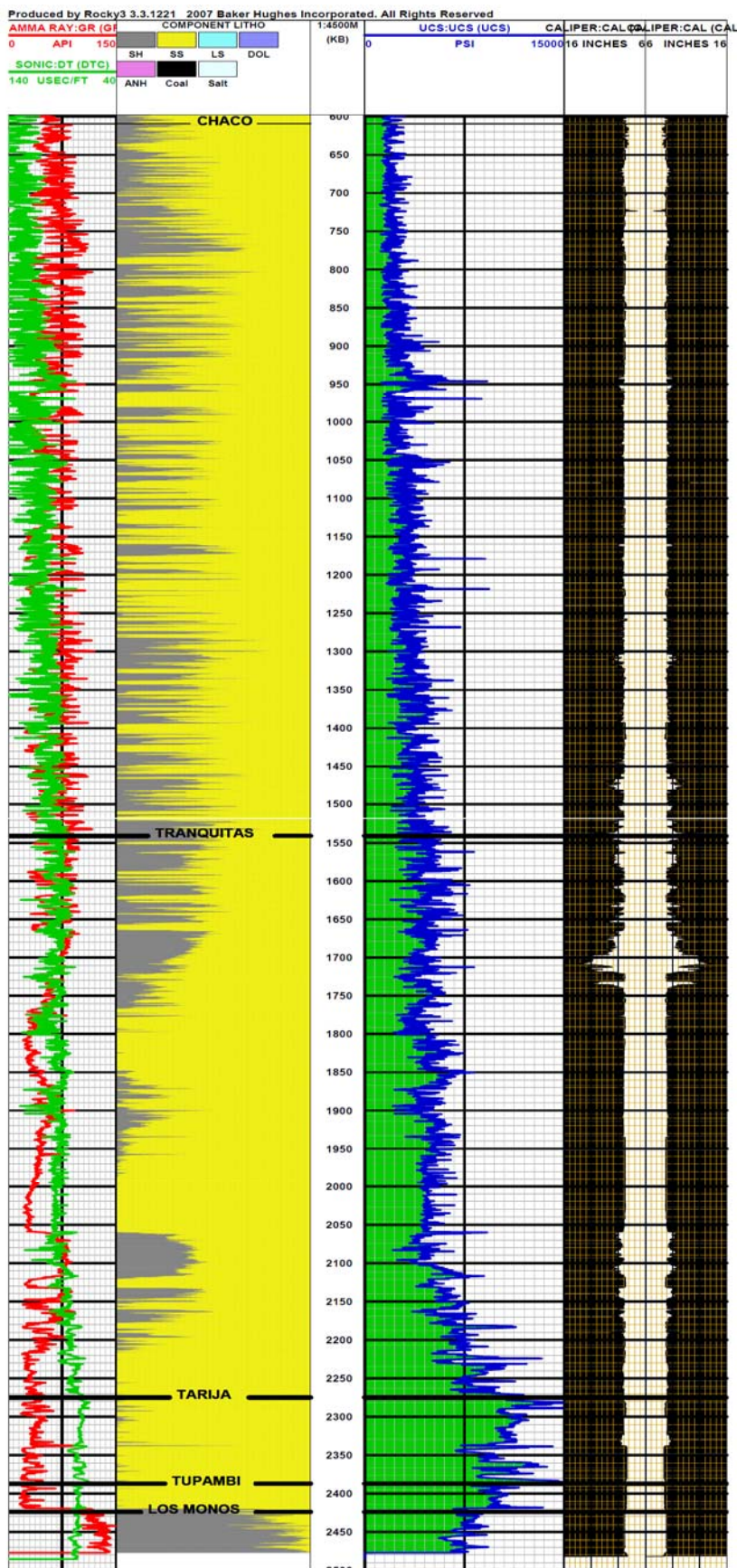


Fig. 11

En este tramo se utilizaron motores de fondo y MWD de San Antonio Internacional para lograr una trayectoria vertical dado que se estableció un radio objetivo acotado (Fig. 12, 13, 14 y 15).

Measured Depth Meters	Incl Angle Deg	Drift Direction Deg	True Vertical Depth	N-S Meters	E-W Meters	Vertical Section Meters	CLOSURE Distance Meters	Direction Deg	Dogleg Severity Deg/30m	Subsea TVD Meters
.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00
609.00	1.00	239.20	608.97	-2.72	-4.56	5.31	5.31	239.20	.05	-608.97
678.00	1.00	231.80	677.96	-3.40	-5.56	6.51	6.51	238.52	.06	-677.96
716.00	.70	246.00	715.95	-3.70	-6.03	7.07	7.07	238.45	.29	-715.95
772.00	.50	235.60	771.95	-3.98	-6.54	7.66	7.66	238.69	.12	-771.95
848.00	.50	204.70	847.95	-4.47	-6.95	8.26	8.27	237.28	.11	-847.95
906.00	.60	223.40	905.95	-4.92	-7.27	8.76	8.78	235.92	.11	-905.95
934.00	.60	225.30	933.94	-5.13	-7.47	9.04	9.06	235.55	.02	-933.94
990.00	.30	240.40	989.94	-5.41	-7.81	9.48	9.50	235.31	.17	-989.94
1048.00	.40	223.60	1047.94	-5.63	-8.08	9.82	9.85	235.15	.07	-1047.94
1105.00	.30	247.50	1104.94	-5.83	-8.36	10.16	10.19	235.10	.09	-1104.94
1163.00	.30	238.20	1162.94	-5.97	-8.63	10.46	10.49	235.33	.03	-1162.94
1220.00	.40	234.60	1219.94	-6.16	-8.91	10.81	10.84	235.35	.05	-1219.94
1278.00	.40	216.20	1277.94	-6.44	-9.20	11.20	11.23	235.00	.07	-1277.94
1335.00	.20	210.10	1334.94	-6.69	-9.37	11.47	11.51	234.47	.11	-1334.94
1393.00	.30	211.00	1392.94	-6.91	-9.50	11.69	11.74	233.97	.05	-1392.94
1431.00	.10	237.40	1430.94	-7.01	-9.57	11.81	11.87	233.79	.17	-1430.94
1508.00	.70	230.20	1507.93	-7.35	-9.99	12.34	12.40	233.68	.23	-1507.93
1566.00	.80	243.40	1565.93	-7.75	-10.63	13.10	13.16	233.88	.10	-1565.93
1622.00	1.00	258.80	1621.92	-8.02	-11.46	13.95	13.99	234.99	.17	-1621.92
1680.00	1.00	260.70	1679.91	-8.20	-12.45	14.90	14.91	236.62	.02	-1679.91
1737.00	1.30	258.40	1736.90	-8.41	-13.58	15.97	15.97	238.21	.16	-1736.90
1795.00	1.40	271.40	1794.89	-8.53	-14.93	17.19	17.19	240.26	.17	-1794.89
1852.00	1.30	262.50	1851.87	-8.60	-16.27	18.37	18.40	242.14	.12	-1851.87
1909.00	1.30	260.90	1908.85	-8.78	-17.55	19.57	19.62	243.41	.02	-1908.85
1967.00	1.10	247.50	1966.84	-9.10	-18.71	20.73	20.81	244.06	.18	-1966.84
2025.00	1.40	263.60	2024.83	-9.39	-19.93	21.93	22.03	244.76	.24	-2024.83
2082.00	.80	255.20	2081.82	-9.57	-21.00	22.94	23.08	245.50	.33	-2081.82
2139.00	1.00	272.80	2138.81	-9.65	-21.89	23.74	23.92	246.21	.18	-2138.81
2196.00	1.00	293.60	2195.80	-9.43	-22.84	24.44	24.71	247.57	.19	-2195.80
2281.00	.50	345.00	2280.80	-8.77	-23.61	24.77	25.19	249.62	.28	-2280.80
2338.00	.40	323.80	2337.79	-8.37	-23.80	24.73	25.23	250.62	.10	-2337.79
2396.00	.40	328.40	2395.79	-8.03	-24.02	24.75	25.33	251.51	.02	-2395.79
2452.00	.10	65.90	2451.79	-7.85	-24.08	24.70	25.33	251.95	.23	-2451.79
2485.00	.60	111.90	2484.79	-7.90	-23.89	24.57	25.17	251.70	.49	-2484.79
Projection to Bit										
2500.00	.83	132.81	2499.79	-8.00	-23.74	24.49	25.05	251.37	.69	-2499.79

Fig. 12

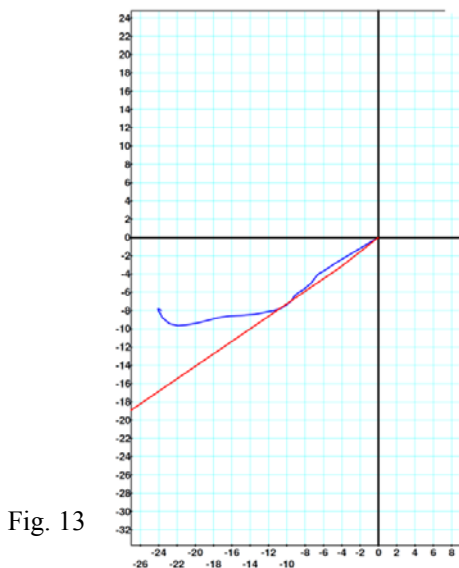
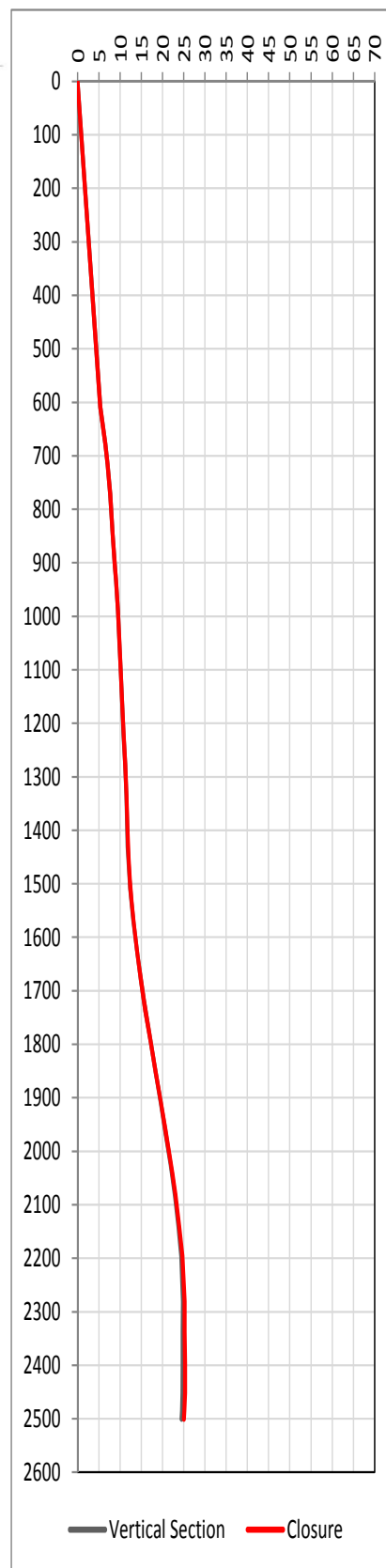


Fig. 13

Fig. 14



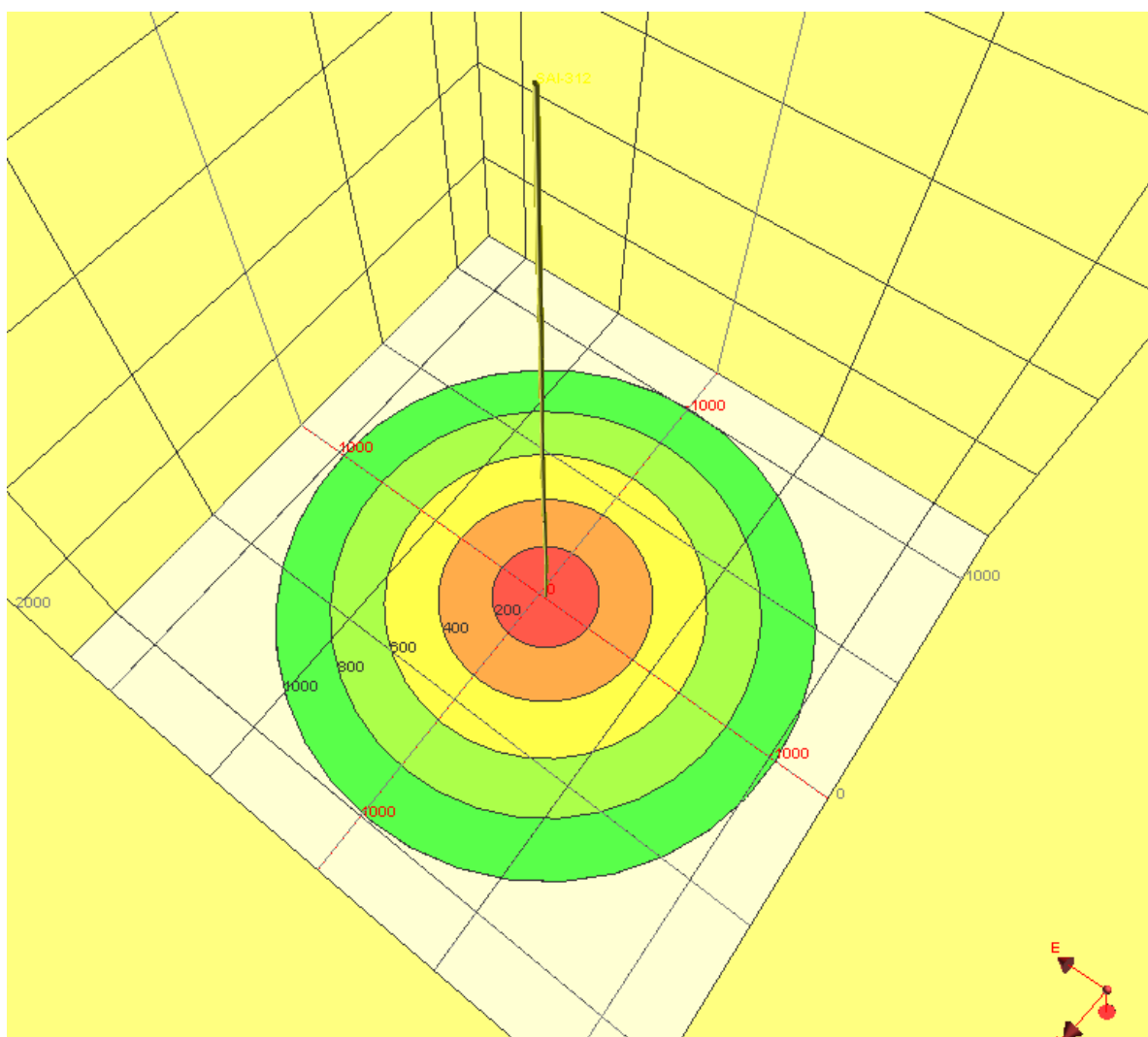


Fig. 15

Sistema de lodo

El lodo utilizado en el pozo fue base agua-bentonita en el tramo guía y base agua inhibitorio en el tramo aislación.

En el primer tramo se utilizó fluido bentonítico a razón de 70 kg/m³ y densidad 1040 g/l. Durante la perforación se diluyó el sistema con agua, se agregó preventor de embolamiento / lubricante para perforar intercalaciones finas y abundantes arcillas plásticas. A partir de 400m se agregó reductor de filtrado para controlar filtrado y asegurar operación de entubación. Los niveles activos durante la perforación se mantuvieron estables. La densidad final del intervalo fue de 1070 gr/l.

Previo a las operaciones de perfilaje y corrida de revestimiento se bombearon píldoras de limpieza sin observar exceso de cutting al retorno por zarandas. Las operaciones finales de esta fase: Carreras de Calibre, Perfilaje, Corrida de Casing de 9 5/8" y Cementación, se realizaron sin inconvenientes.

En el tramo de aislación adicionó carbonato de puenteo #40 y #250 a razón de 2 bolsas por hora para estabilizar las arenas sucias de la formación Chaco. En 1180 m observó una alta permeabilidad de formación, perdiendo 6 m³ de lodo. Intensificó concentración de carbonatos de puenteo en el sistema a una concentración de 8 kg/m³. Incrementó el peso de lodo de superficie de 1050a 1080 g/l. Trabajó con todos los equipos de control de sólidos, incluida decanter en forma continua, controlando densidad y sólidos indeseables.

En 1924m se densificó el sistema homogenizando el peso en 1100 g/l. Agregó lubricante de acuerdo a programa para evitar el embolamiento del trépano y lograr optimizar el rendimiento de zaranda y humectación de cutting. Agregó al sistema inhibidor de arcillas, reductor de filtrado y carbonato de sodio para control de calcio (por atravesar intercalaciones de yeso) y optimizar el rendimiento del reductor de filtrado. Trabajó con todos los equipos de control de sólidos para reducir sólidos y densidad del sistema.

Al observar tracciones en maniobra, incrementó peso del lodo a 1120 g/l en superficie.

Durante la perforación continuó con el agregado de inhibidor e incrementó el peso del lodo a 1250 g/l en profundidad final 2500m

Operó Cía. de perfilaje, profundizando sonda hasta 641 m, donde se asentó, posteriormente retiró sonda de perfilaje y repitió la carrera. Se perfila en forma normal hasta la TD del pozo, realizando todas las carreras programadas.

Después de observar el muy buen caliper del pozo, se determina que el set up de la sonda, de la primera carrera pudo ser motivado por una caverna debajo del zapato de 9 5/8". El caliper promedio obtenido fue de 8 3/4".

Las formulaciones y concentraciones de programa se pueden ver en las tablas 1 y 2.

Productos Químicos	Concentración programada kg-lt / m ³	Concentración real kg-lt / m ³
Bentonita	70	50
Soda solvay	1	0,56
Soda caustica	0,5	0,5
Reductor de filtrado	6	4,5
Antiacreción	-	2,25

Tabla 1: Formulación Sistema agua-bentonita (Tramo 12 1/4")

Productos Químicos	Concentración programada kg-lt / m³	Concentración real kg-lt / m³
Bentonita	10	10
Soda solvay	0,5	1
Reductor de filtrado	6	7
PHPA	8	2,5
Antiacreción	2	1
Viscosificante polimérico	2	1,2
Poliamina	5	7,5
Carbonato de calcio 20/40/250	35	20
Carbonato de calcio malla 200	64,08	280

Tabla 2: Formulación Sistema agua-inhibitorio (Tramo 8 1/2")

Condiciones generales de trabajo

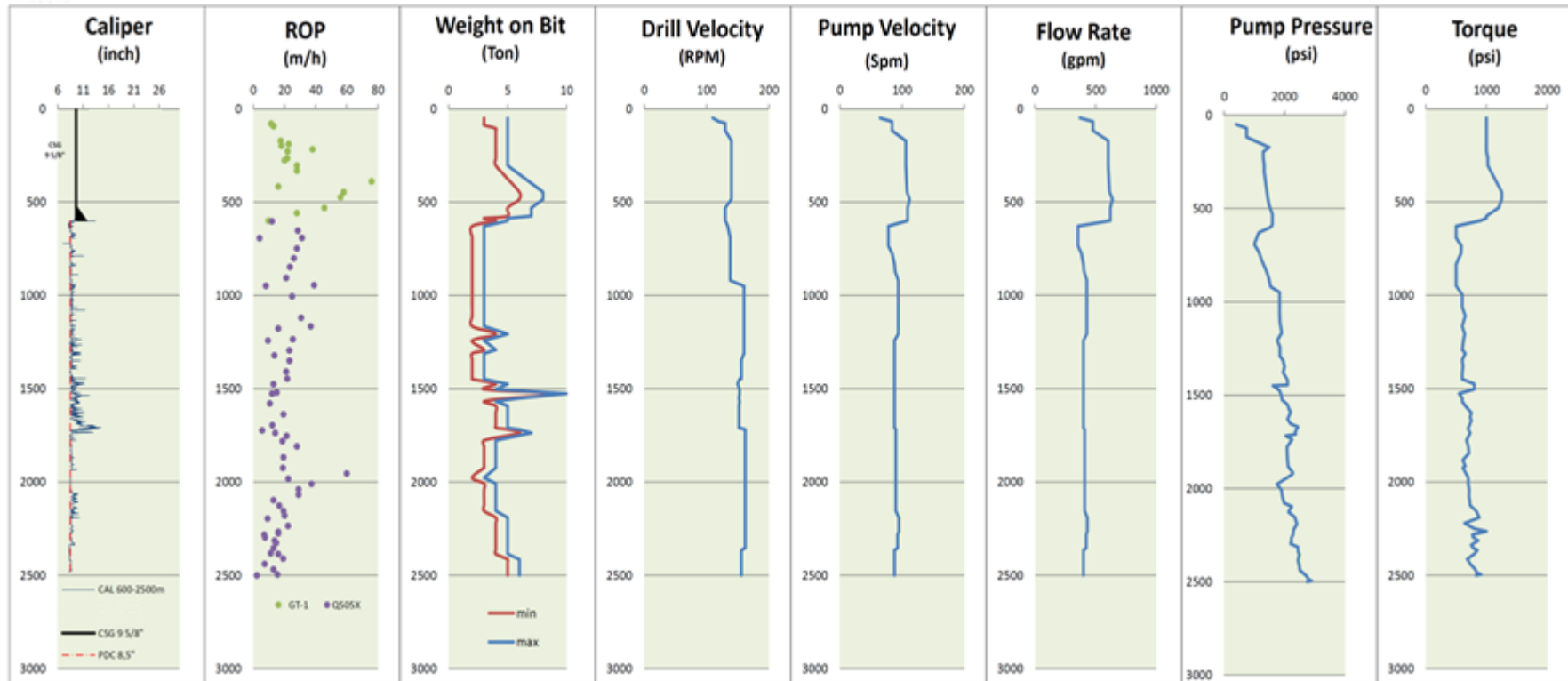


Tabla 3

Conclusiones

El tiempo total de operación del pozo fue de 21,08 días a 2500 m. El pozo se realizó en un tiempo de 22% menor al programado, cumpliendo con las expectativas de la Cía. Operadora.

El sistema de lodo demostró una alta inhibición en zonas de arcillas reactivas, nunca se evidenció embolamiento de la herramienta ni pegamiento de cutting en zarandas aun en los momentos de altas ROP. Como oportunidad de mejora, se presentó un set-up de la sonda de perfilaje en el tramo de aislación.

Se recomienda trabajar para una próxima operación desde el comienzo de la sección con concentraciones de puenteo y estabilizadores, ligantes de estos materiales de puenteo y tener control permanente del filtrado, para dar una buena estabilidad a las paredes del pozo, sobre todo en la formación Chaco, donde el terreno perforado es poco consolidado y friable.

La utilización de un sistema de perforación direccional trabajando bajo el objetivo del control de verticalidad y performance de perforación, posibilitó una reducción considerable de los tiempos, contribuyendo además en la calidad del pozo.

El equipo de perforación utilizado no tuvo prácticamente tiempo no productivo por mantenimiento y mostró un rendimiento muy elevado durante la perforación del pozo. Los valores de NPT por reparación de equipo fueron de 0,25%.

El servicio de cementación tuvo muy buena coordinación y logística para evitar tiempos no productivos. Se enviaron los equipos cementadores a la locación durante la ejecución del pozo, lo que evitó el riesgo de esperas por este trabajo.

El resto de los servicios periféricos utilizados: control de sólidos, locación seca, tijeras, estabilizadores, servicio de top drive, transportes, etc. se desempeñaron de manera satisfactoria.

Debemos destacar la modalidad de contratación (Gerenciamiento) utilizada por SAI en este Proyecto, donde luego de un estudio exhaustivo de la ingeniería del pozo, un análisis detallado de los riesgos involucrados, la selección de las mejores opciones técnicas y económicas, permitieron al Cliente, enfrentar este Proyecto de alto riesgo, depositando la confianza en una Compañía Gerenciadora. La experiencia de SAI demostrada a lo largo de más de 2000 pozos perforados y terminados en Argentina, bajo esta modalidad ó similares, avalan el éxito de esta operación.

Se demuestra una vez más que se puede operar en esta modalidad de Gerenciamiento aún en pozos exploratorios en zonas remotas.

Bibliografía

- **DSP-One – Manual de Usuario. Versión 3.05** – Copyright © 2006 by Techdrill International Ltd.
- **ROCAS RESERVORIO de las Cuencas Productivas de la Argentina** –Simposio del V Congreso de Exploración y Desarrollo de Hidrocarburos, Mar del Plata / Mario Shiuma, Gerardo Hinterwimmer y Gustavo Vergani.
- **CASING AND LINERS FOR DRILLING AND COMPLETION** – IADC – Byron, Ted G.
- **DRILLING DATA HANDBOOK** – Editions Technip, Paris 2006