

EXPERIENCIAS Y OPTIMIZACION DE CONSTRUCCION DE POZOS HORIZONTALES EN YACIMIENTO LAJAS

Nicolas Demarchi nicolas.demarchi@ypf.com YPF.SA , Carlos Perez carlos.perez.b@ypf.com YPF.SA, Jesús Quintero jquinteror@ypf.com YPF.SA , Román Okassov roman.okassow@ypf.com YPF.SA, Federico Damico federico.damico@ypf.com YPF.SA, Carlos Orlandi carlos.orlandi@ypf.com YPF.SA, Fernando Orozco fernando.orozco@ypf.com YPF.SA, Ezequiel Pozo ezequiel.pozo@ypf.com YPF.SA, Lucas Sepulveda lucas.sepulveda@ypf.com YPF.SA

SINOPSIS

El proyecto Lajas localizado en el área de Zona Central vio su inicio en el año 2008 con la perforación del pozo Laj-1, pero fue en el año 2012 que se logró masificar la perforación en el área, habiendo perforado hasta el momento 140 pozos, en su gran mayoría con una trayectoria direccional “S” y como objetivo la producción de tight gas de la formación Lajas.

Buscando mejorar la productividad de los pozos, incrementando su longitud de drenaje, se propuso la perforación de pozos horizontales. Los riesgos de perforación en el yacimiento están relacionados con pérdidas totales de fluido en formaciones someras, formaciones depletadas, inestabilidad de pozo y construcción de rama horizontal en zonas cercanas a fracturas hidráulicas.

El primer pozo perforado horizontal del yacimiento fue diseñado en base a los problemas mencionados con una arquitectura de 5 cañerías, siendo la terminación realizada con sistema multi etapa de apertura con bola. Como oportunidad de optimización para nuevos pozos horizontales se planteo la posibilidad de realizar re entries desde pozos con producción marginal. Este cambio de estrategia que requirió el análisis de pozos candidatos, reacondicionamiento de los pozos candidatos seleccionados, manejo del riesgo asociados a fracturas de pozos existentes en el yacimiento y la selección de un sistema multietapa de apertura/cierre con coiled tubing para realizar la terminación del pozo.

El resultado obtenido fue una reducción de costo de 62%.

INTRODUCCIÓN

El yacimiento de tight gas Lajas se encuentra en la provincia de Neuquén en el área de concesión Loma la Lata – Sierra barrosa (Fig 1), y comprende un nuevo objetivo geológico dentro de los campos Aguada Toledo, Cupen Mahuida y Cupen, cubriendo una extensión de 120 Km². Su objetivo geológico es la parte superior del Grupo Cuyo, Fm Lajas, por la cual recibe su nombre (Fig 2).

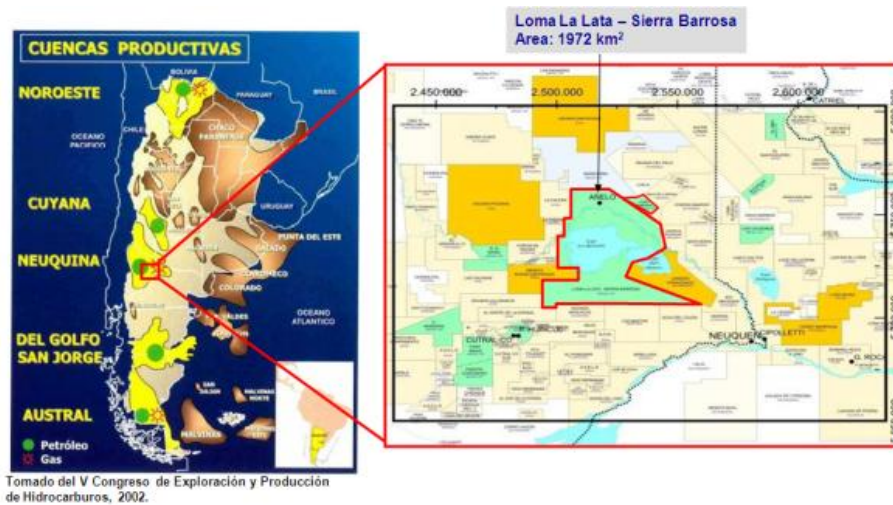


Fig. 1

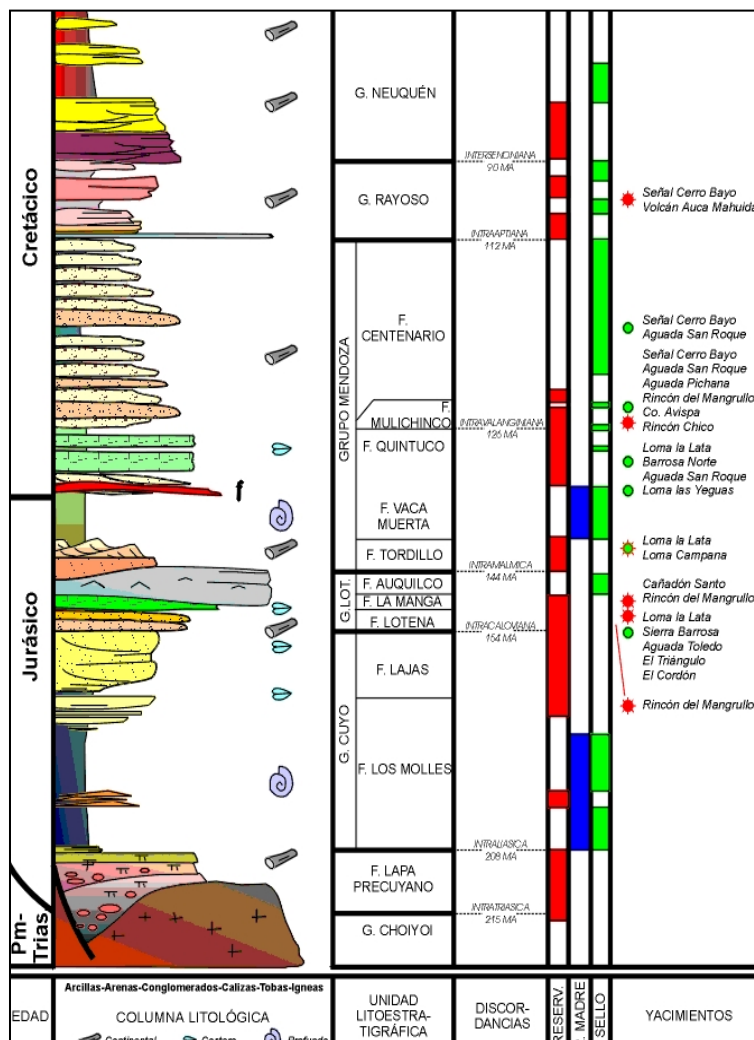


Fig. 2

De acuerdo a la localización del pozo y su trayectoria prevista se tenía una amplia información de las problemáticas a enfrentar durante la perforación, lo cual ayudo a definir un esquema (fig 4) para enfrentar cada una de ellas y lograr los objetivos de asentamiento de cada cañería. De acuerdo a este esquema se buscó contrarrestar la siguiente problemática por cada sección:

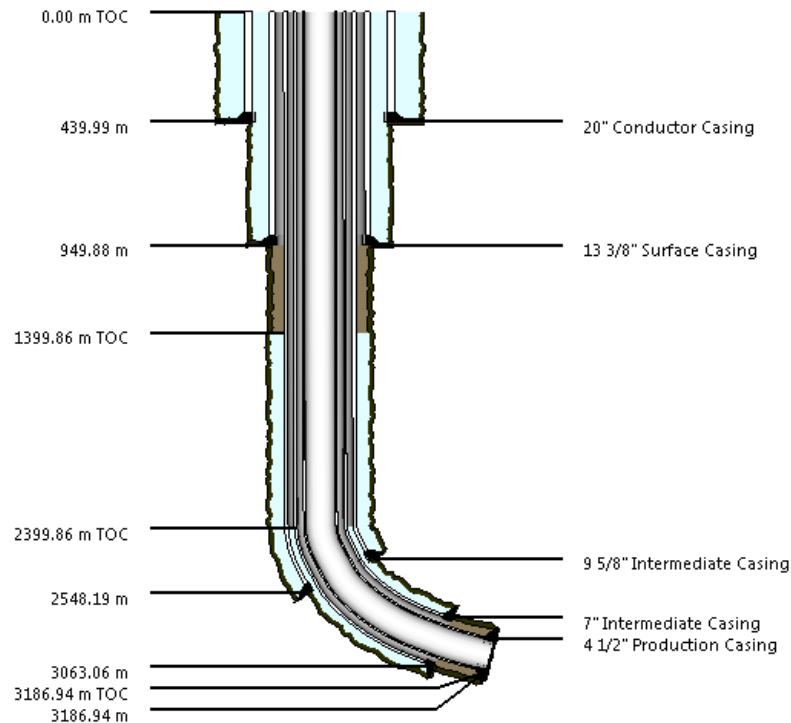


Fig 4

- **Cañería Guía:** aislar acuíferos superficiales y zona de arcillas reactivas en Grupo Neuquén
- **Cañería Intermedia 1:** el objetivo de esta cañería fue aislar zona de pérdida por fisuras naturales en Grupo Neuquén, asentando cañería en Fm Centenario. La problemática de la pérdida en esta etapa representa un reto por los riesgos operativos y los altos volúmenes de fluido requeridos, se buscó minimizar estos riesgos con la utilización lodo espumado para disminuir la densidad a un valor 230 g/l y así poder tener circulación.
- **Cañería Intermedia 2:** el objetivo de esta cañería fue aislar las formaciones permeables como Centenario, depletadas como Lotena, y que por consiguiente tienen gradientes de fractura menores a las densidades de trabajo con las que se espera trabajar en la siguiente sección. Esta cañería se asentó en Lajas Medio de acuerdo al estudio de Geo mecánica realizado para este pozo con información obtenida de pozos vecinos (Fig 5). En base a este estudio se obtuvo una ventana de trabajo para la densidad de lodo en la parte de la curva y la rama horizontal, definiendo que había riesgo de incompatibilidad con la densidad máxima de trabajo a partir de esta sección con las próximas 2 etapas.
- **Cañería Intermedia 3:** esta cañería y su punto de asentamiento en el Landing point dentro de la Fm Lajas Inferior, se definió por medio del estudio Geo mecánico ya mencionado (Fig 5).
- **Cañería de Aislación:** se definió como la rama donde se aislaría la Fm Lajas Inferior con objetivo productivo y donde se navegaría con la mayor inclinación. El pozo se planifica fracturar por casing, por lo que en la sección de aislación se baja la instalación para la estimulación. Para este pozo se seleccionó la tecnología de Fracturas con Packers, quedando el esquema final de pozo planificado de acuerdo al diagrama que se muestra en la figura 6.

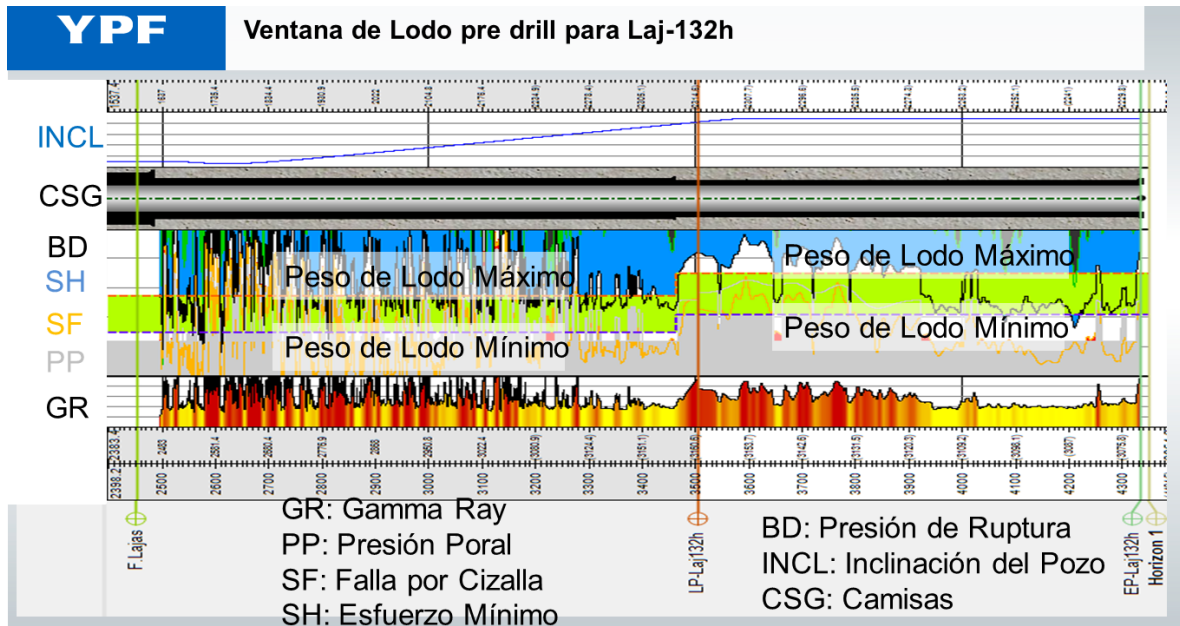


Fig 5

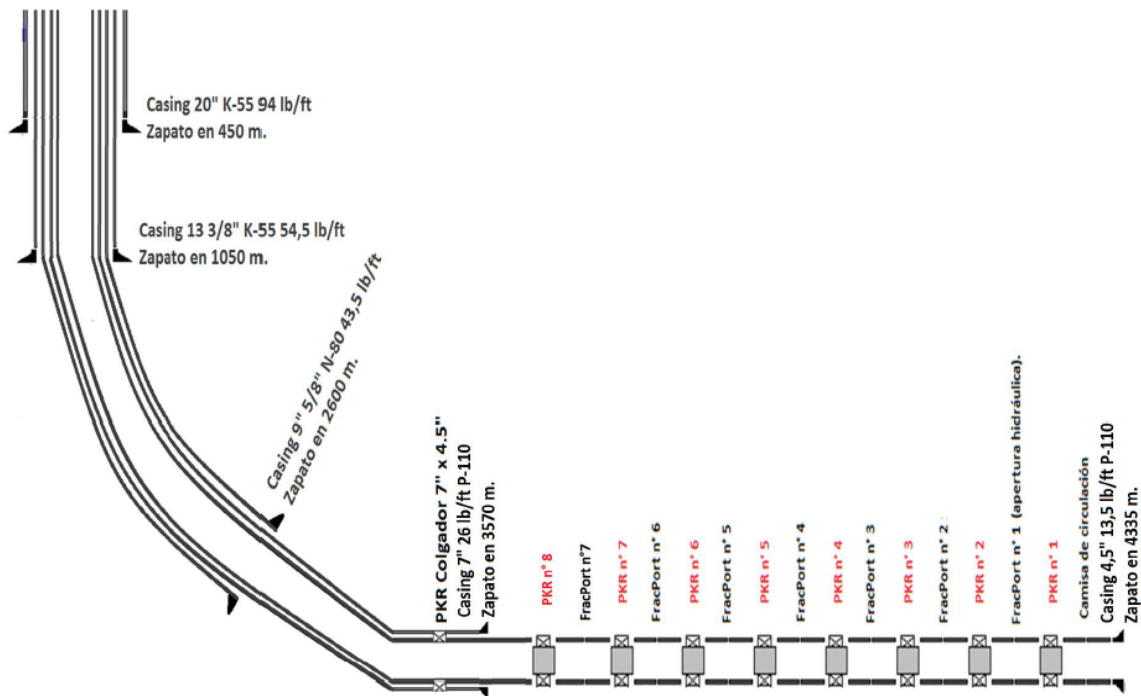


Fig 6

Para cumplir con la navegación en Fm Objetivo se necesitaba una trayectoria con la misma inclinación del buzamiento de la capa productiva (Fig 7) desarrollando un ángulo de 81° y una longitud de navegación de 800 m aproximadamente. Con estas consideraciones y realizando análisis

de T&D se definió un plan direccional con DLS de 3 °/30 m para generar la curva hasta Lajas inferior y 1.7° dentro de esta misma formación para alcanzar el punto de aterrizaje y la capa objetivo para después mantener la navegación. Se designó al Motor de fondo como la tecnología direccional para realizar el trabajo.

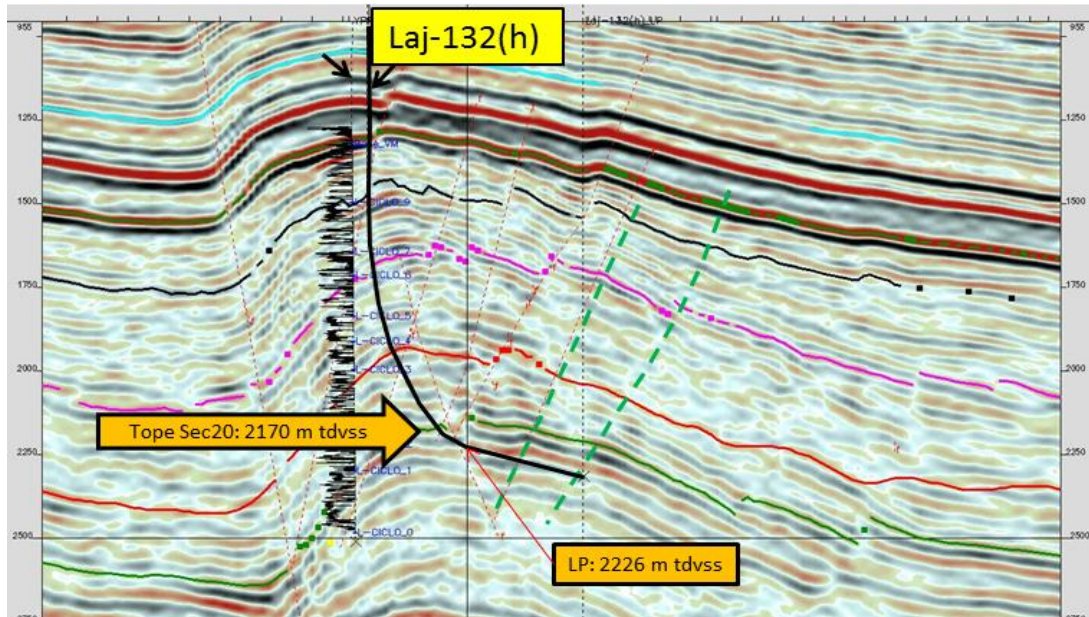
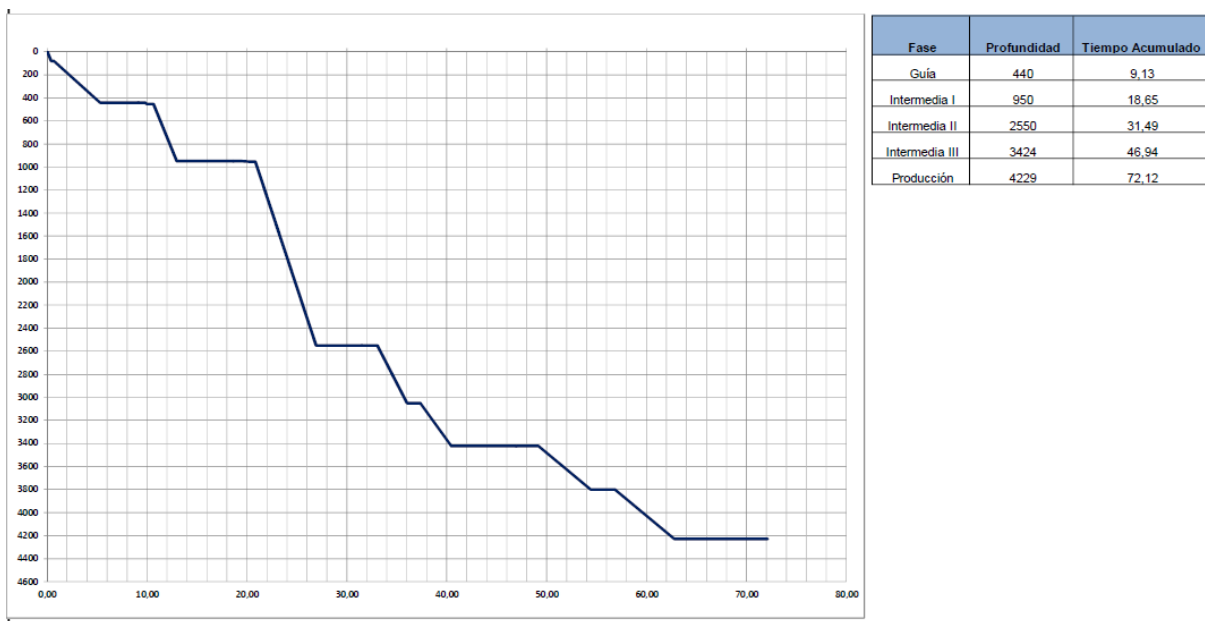


Fig 7

Con todas estas consideraciones se estimó un pozo con una duración de 72 días distribuidos en la curva de tiempos mostrados en la figura 8.



ANÁLISIS DEL PRIMER POZO HORIZONTAL

Lodo espumado: el resultado de esta prueba resultó negativo al evidenciarse la incompatibilidad del sistema con la etapa a perforar debido a la presencia de agua salada, la cual hace inestable la solución volviendo imposible que el fluido cumpla con su función de limpieza. Para terminar la sección del pozo se utilizó el sistema de lodo aireado con una ventana operativa de densidad de lodo de 400 – 700 g/l.

Ventana operativa de lodo (Estudio geo mecánico): como se muestra en la figura 9 se establece que la curva y la sección horizontal pueden ser perforadas en una misma etapa, al no ser necesario el incremento para mantener la estabilidad del pozo en la sección de mayor ángulo (ahorro de una cañería).

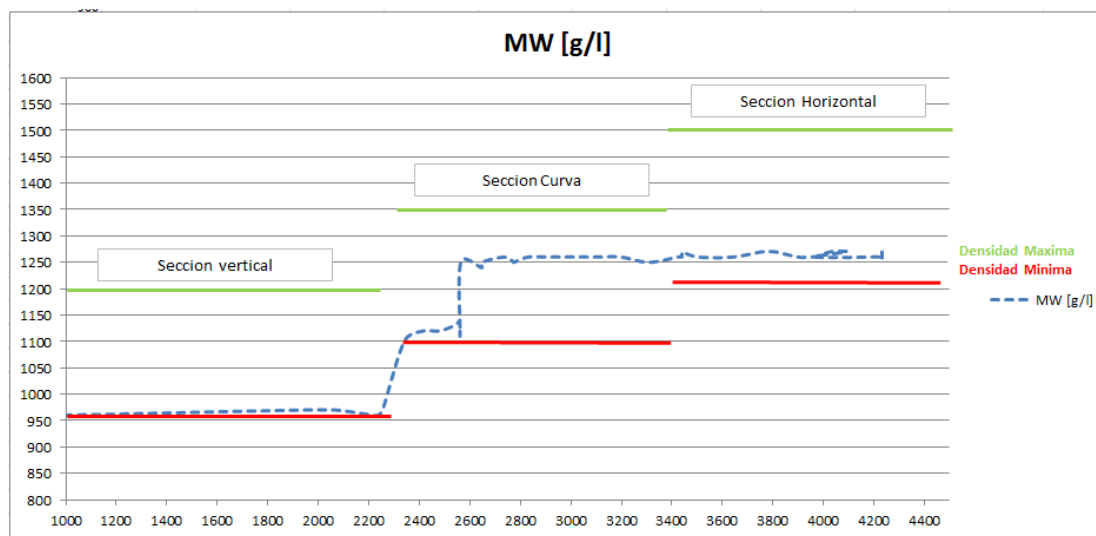


Fig 9

Rendimiento direccional: se mantiene con buen desempeño en las secciones intermedias cumpliendo con el plan direccional y no presentando mayor problemática. En la sección de aislación se tienen inconvenientes en mantener el rumbo planificado, esto al presentar tendencias a ganar inclinación, motivo por el cual se tuvo que realizar un cambio de BHA no planificado y aumentar el porcentaje de correcciones Fig (10).

Desvíos Operativos: los principales desvíos de tiempo registrados en la perforación del pozo fueron los siguientes:

1. La perforación/ensanchamiento de 26", donde el desempeño se ve afectado por comunicación de bodega y pérdida de circulación.
2. Puesta en marcha de sistema de lodo espuma y su cambio a lodo aireado.
3. Mal desempeño de trépanos, al tener menor penetración de la esperada y necesitar cambios de herramienta por desgaste.

4. Problemas para seguir trayectoria en fase horizontal, aumentando el porcentaje de correcciones.

La figura 11 muestra el desfase de 24 días registrados en la operación.

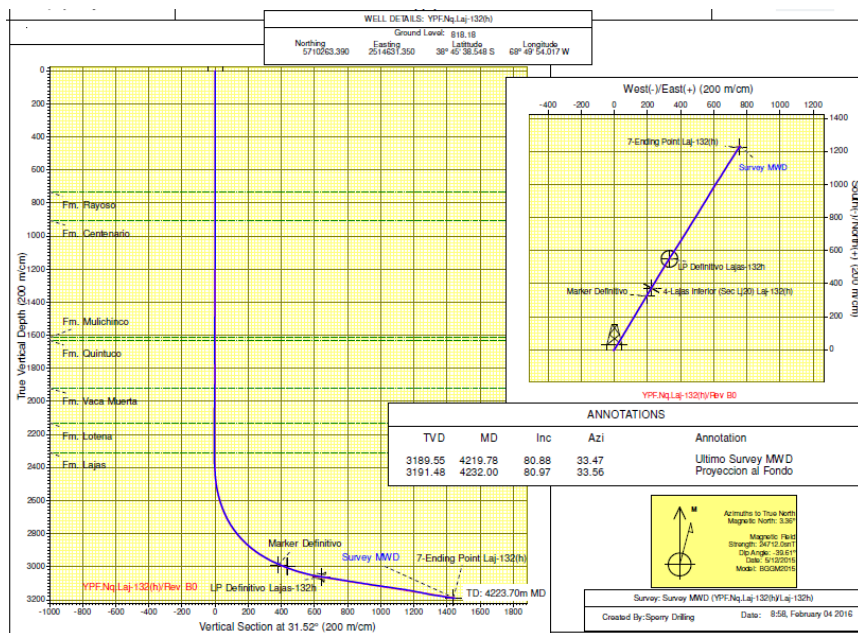


Fig 10

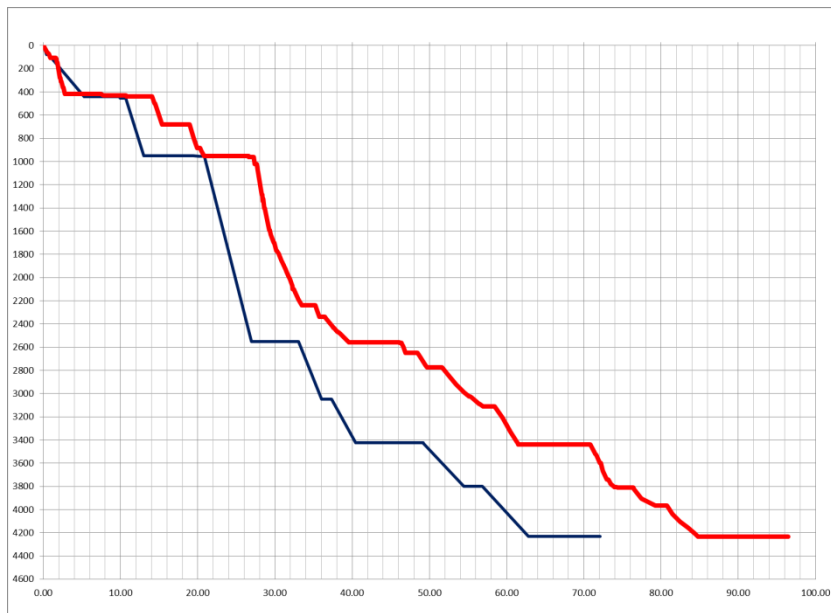


Fig 11

PROPUESTA PARA SEGUNDO POZO HORIZONTAL

Derivado del primer pozo horizontal se inició el estudio de un nuevo proyecto horizontal en el yacimiento, teniendo como objetivo la aplicación de las lecciones aprendidas en el Lajas 132h y buscando la optimización de costos y tiempos. Con estos objetivos se visualizaron 2 alternativas,

- I. Perforación de un pozo nuevo o aprovechar la oportunidad de estar en un campo maduro
- II. Analizar pozos con producción marginal que pudiesen ser acondicionados para realizar un Side track.

Para el desarrollo de estas 2 opciones se definió la zona objetivo a producir dentro del yacimiento, se propuso posible localización de pozo nuevo Lajas 98 y se buscaron pozos existentes que pudiesen tener condiciones de ser intervenidos para realizar un Side Track, quedando como pozos viables CuM-17(i) y CuM-11, la localización de los pozos propuestos se muestra en la figura 12

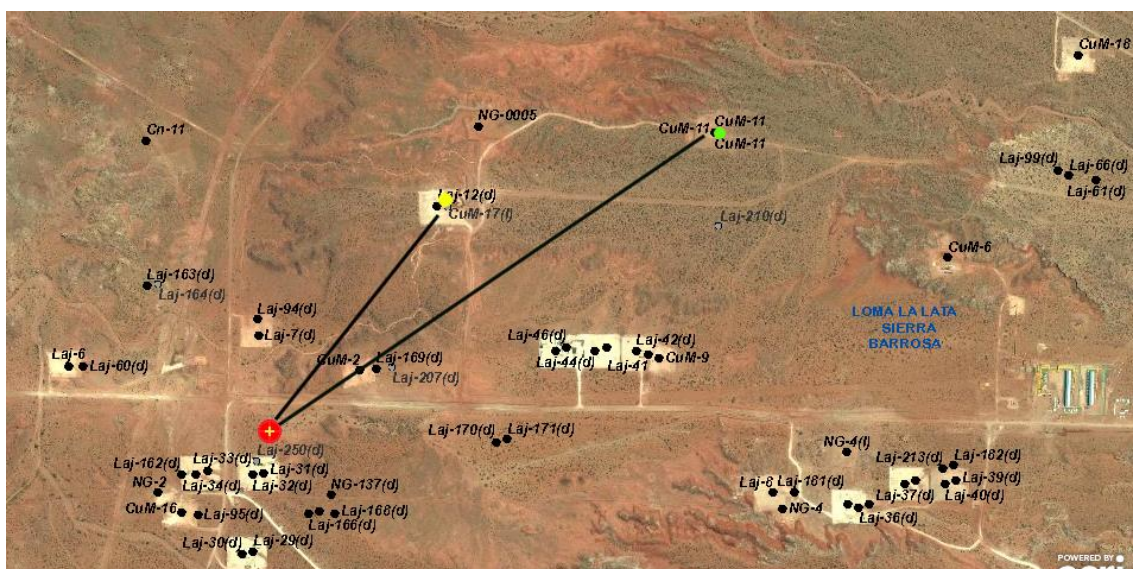


Fig12

- 1 Análisis Técnico.
 - a) Pozo Nuevo (Laj-98): Implicaría la perforación de un pozo de 4 cañerías, perforando en una sola sección la curva y sección horizontal, el tiempo para realizar esta operación es el de mayor duración.
 - b) Side track CuM-17(i): se necesitaría realizar una intervención para cortar y des entubar casing de 4.5", analizar condiciones de cemento detrás de cañería de 7", se abriría ventana con utilización de cuña, la sección vertical a objetivo es más corta que posible trayectoria de la otra opción de side track. Condición de pozo en Fig 13
 - c) Side track CuM-11: se necesitaría recuperar tubing de producción, colocar tapón, realizar perfiles de corrosión y CBL a cañería de 7", se abriría ventana con utilización de cuña, la trayectoria tentativa para llegar a objetivo tendría una sección vertical 300 m mayor que la del CuM 17(i). Condición de pozo en fig 14.

* Todas las opciones comparten riesgos similares de AC y posible cruce de fracturas en pozos vecinos.

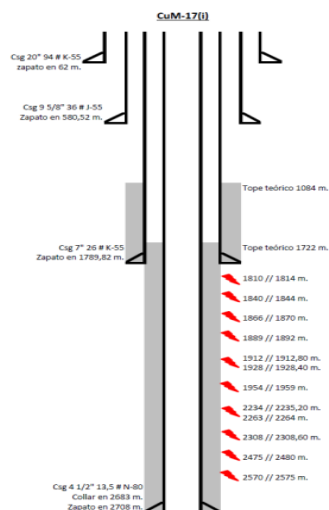


Fig 13

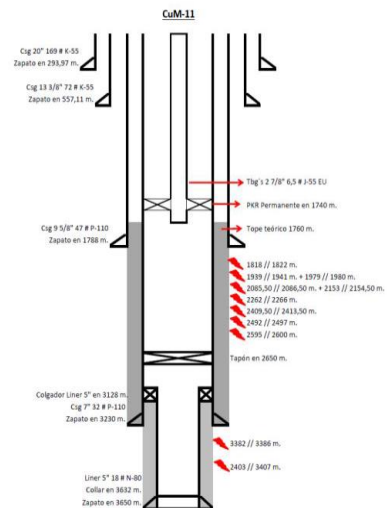


Fig 14

- 2 Análisis económico: para este análisis se tomó como base el costo real del pozo Lajas 132h, considerándolo como el costo máximo de referencia para realizar un nuevo pozo o el 100%. Con esto se analizaron los costos que implicaría cada operación prevista en cada una de las 3 opciones técnicas, en la tabla 1 se muestra el costo de las operaciones previas a la entrada del equipo de perforación (Workover), y la tabla 2 donde se muestra el costo de perforación para cumplir con el objetivo.

	% con respecto a pozo base
Pozo Nuevo	0%
CuM-17(i)	6,5%
CuM-11	4,6%

Tabla 1

	% con respecto a pozo base
Pozo Nuevo	61%
CuM-17(i)	35%
CuM-11	45%

Tabla 2

De acuerdo a estos análisis se establece la cadena de decisión mostrada en la figura 15 en base al éxito o fracaso de cada una de las intervenciones

Como se puede observar en el diagrama de flujo, la opción de salida de los dos pozos existentes mediante un side track era viable, inclusive si estos intentos resultaran negativos aún se podría perforar un pozo nuevo a un costo estimado menor que el del Lajas-132h.

En base al análisis anterior se decidió primeramente realizar el side track desde el CuM 17 y en caso de que esta resulte fallida realizar como segunda opción el side track desde el CuM 11, quedando como última opción la perforación de un pozo nuevo.

Objetivo de intervención WO: realizar un corte de casing 4 ½” en +/- 1700 m y desentubar. De acuerdo a los perfiles realizados (ultrasonico y punto libre magnetico) se evidencio que el casing 4 ½” estaba aprisionado en 1210 m. reduciendo la posibilidad de éxito para recuperar el mismo en

caso de realizar un corte en 1700 m. (profundidad mínima necesaria para el corte). Se realizó un Tubing Puncher en 1722 m. buscando circulación entre directa y entre columnas para tratar de limpiar ésta última sin obtener resultado.

Intervención CuM 11

Objetivo de intervención WO: Sacar instalación de producción, calibrar pozo, fijar tapón y registrar perfiles para evaluar condiciones del casing de 7" (Corrosión - CBL). Se realiza operación con éxito, recuperando instalación y obteniendo buenas condiciones para realizar Side Track en cañería de 7", figura 14 muestra el esquema mecánico final después de la intervención.

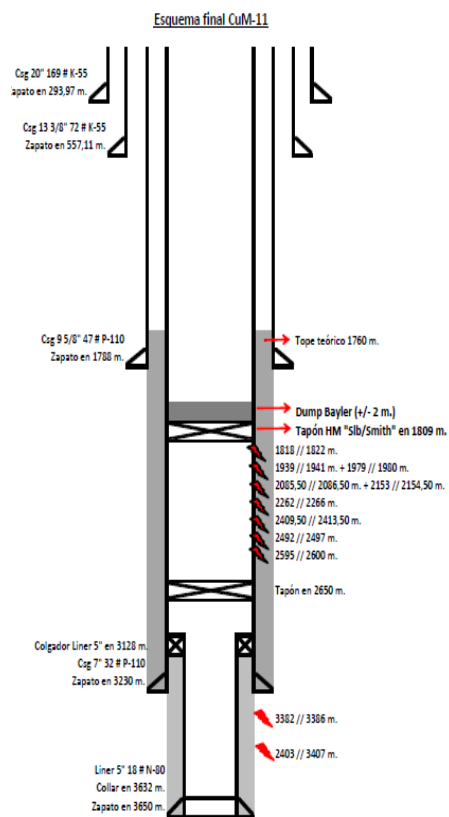


Fig 14

En base al esquema resultante de la intervención y las problemáticas observadas se diseña el esquema mecánico mostrado en la figura 15.

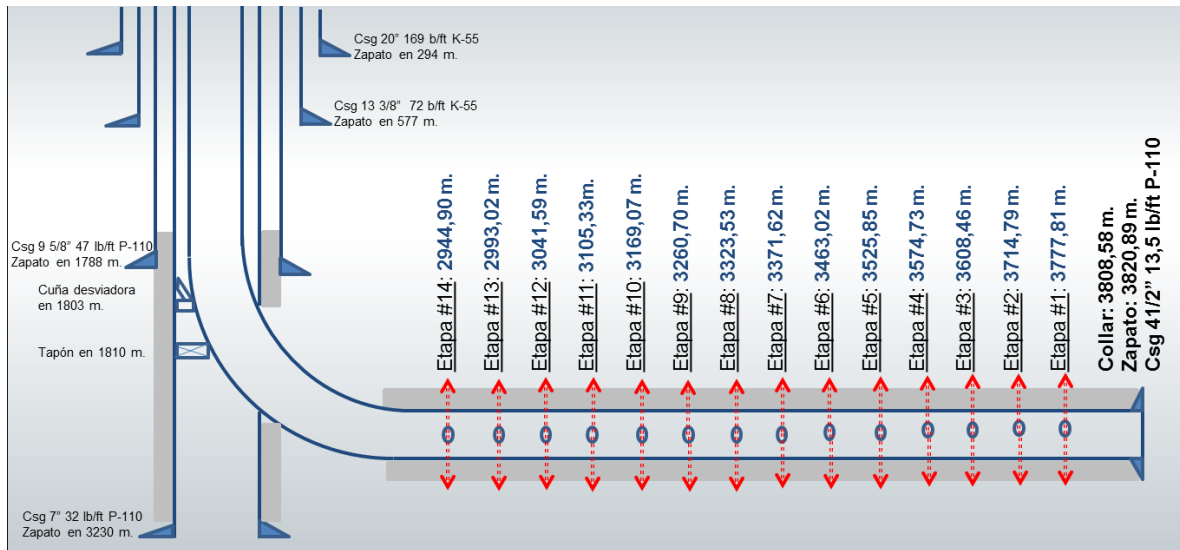


Fig 15

De acuerdo a este diseño de pozo se definieron los puntos a seguir en la programación de pozo y las problemáticas a las que se debería hacer frente durante la ejecución del mismo.

Plan de Perforación:

- Instalar cuña mecánica y abrir ventana de side track
- Realizar construcción de curva y navegación de acuerdo a trayectoria planificada en una sola etapa. En la Figura16 se muestra la trayectoria programada descrita sobre la formación objetivo, la cual perforaría la parte curva con motor y navegaría utilizando RSS.

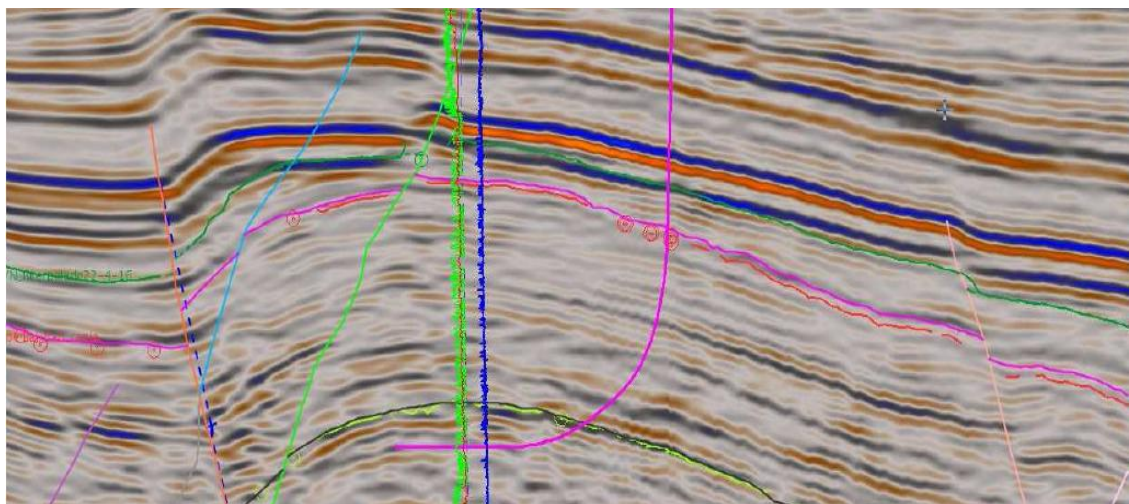


Fig 16

- Bajar instalación para estimulación hidráulica con camisas cementadas, ya que según lo observado en la micro sísmica del pozo Lajas-132h, las fracturas hidráulicas no se propagaron frente a los puertos, sino que se generaron frente a los packers; por lo que se considera que probablemente los asentamientos de los packers hayan generado zonas de

debilidad que facilitaron el comienzo de las estimulaciones. Observando esto las camisas cementadas garantizarían de mejor manera que el trabajo de fractura se realice en la zona de apertura de las camisas. En la figura 17 se muestra la configuración propuesta para la instalación de estimulación hidráulica, así como el análisis de ventajas/desventajas.

YPF

Camisas cementables open/close

Ventajas

1. Mayor numero de etapas en tramo horizontal.
2. Maximiza la producción del pozo según modelo de reservorio.
3. Pozo con diámetro interno pleno.
4. En caso de arenamiento se puede lavar inmediatamente con CT (con el mismo BHA que se está fracturando)
5. Si fallan los elementos de flotación se puede calibrar sin problemas a pleno diámetro del casing.
6. Se puede monitorear presión de fractura en fondo colocando sensores en el BHA de CT.

Desventajas

1. Caudal reducido para fracturas (hasta 35 bpm).
2. Fracturas de menor tamaño.
3. Costo levemente superior (+/- 10 a 15% en la Terminación).

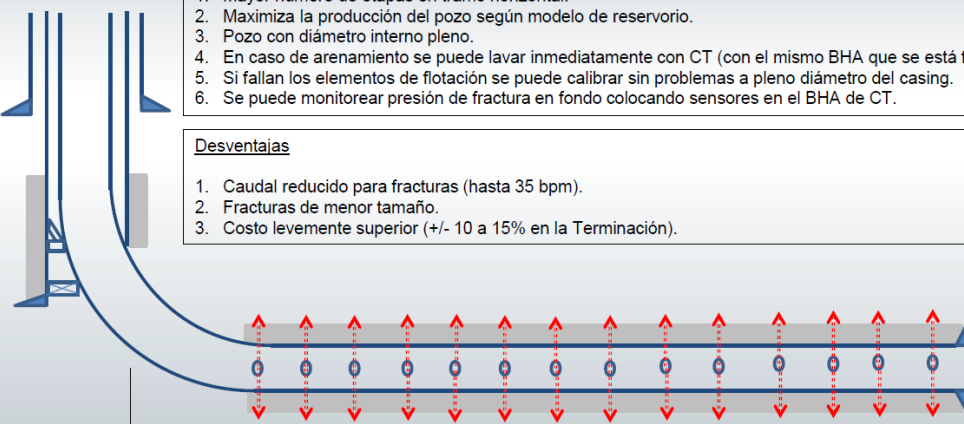


Fig 17

Las especificaciones de las camisas utilizadas son las siguientes

4.5" HP2 13.5 LB/FT (20.09 KG/M) P110 TenarisHydril Blue MultiCycle Sleeve															
Properties and Specifications															
Assembly #	Properties			Specifications											Comments
	Frac Sleeve Assembly Material	Pup Joint Material	Connection Type	Flow Area Thru Ports in ² [cm ²]	Shift Pressure psi [MPa]	# Shear Pins	Burst Pressure psi [MPa]	Collapse Pressure psi [MPa]	Sleeve Body Pull Strength lbs [daN]	End Connection Yield Strength lbs [daN]	Sleeve Assembly Make-up Torque ft-lbs [N-m]	Sleeve Assembly Yield Torque* ft-lbs [N-m]	High Density Cement Compatible	Temperature Rating °F [°C]	
0011038X02	L80	L80	TenarisHydril Blue	7.2 46.5	1,500 10.3	6	9,020 62.2	8,540 58.9	235,000 104,533	307,000 136,560	*1 -	5,800 7,864	Yes	302 150	

Aspectos destacados de la operación

Perforación en zona cercana a fracturas de pozos vecinos, como se muestra en la figura 17 la trayectoria planificada pasaría por zonas fracturadas previamente en los pozos Lajas 45, 44, 46 y 32. Dado que la ventana del side track se colocó en una profundidad cercana a las fracturas realizadas en el pozo CuM-11 en su terminación original, la orientación de la cuña desviadora se selecciono para que quedara a 90° de azimuth respecto a la mejor estimación de crecimiento de la fractura original.

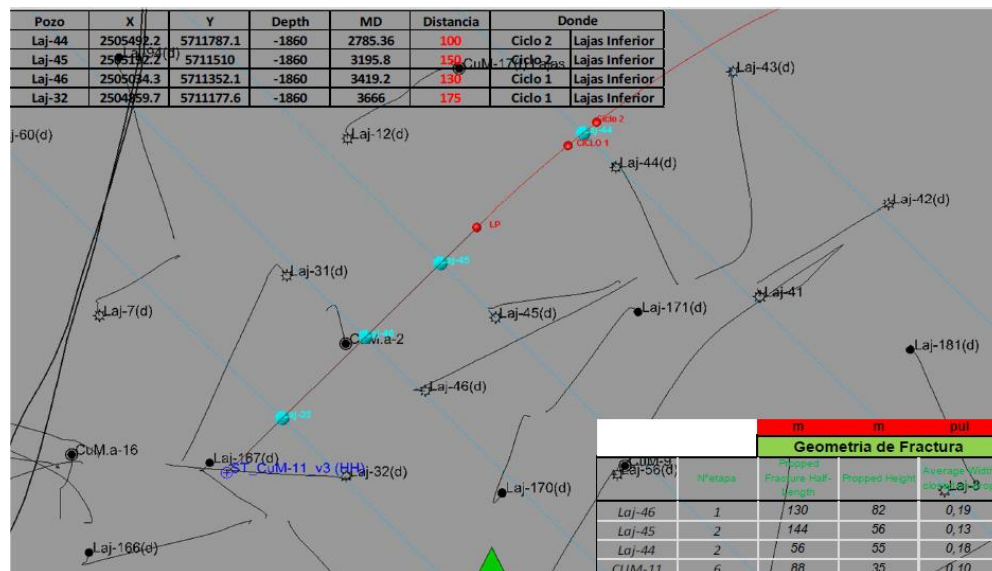


Fig 18

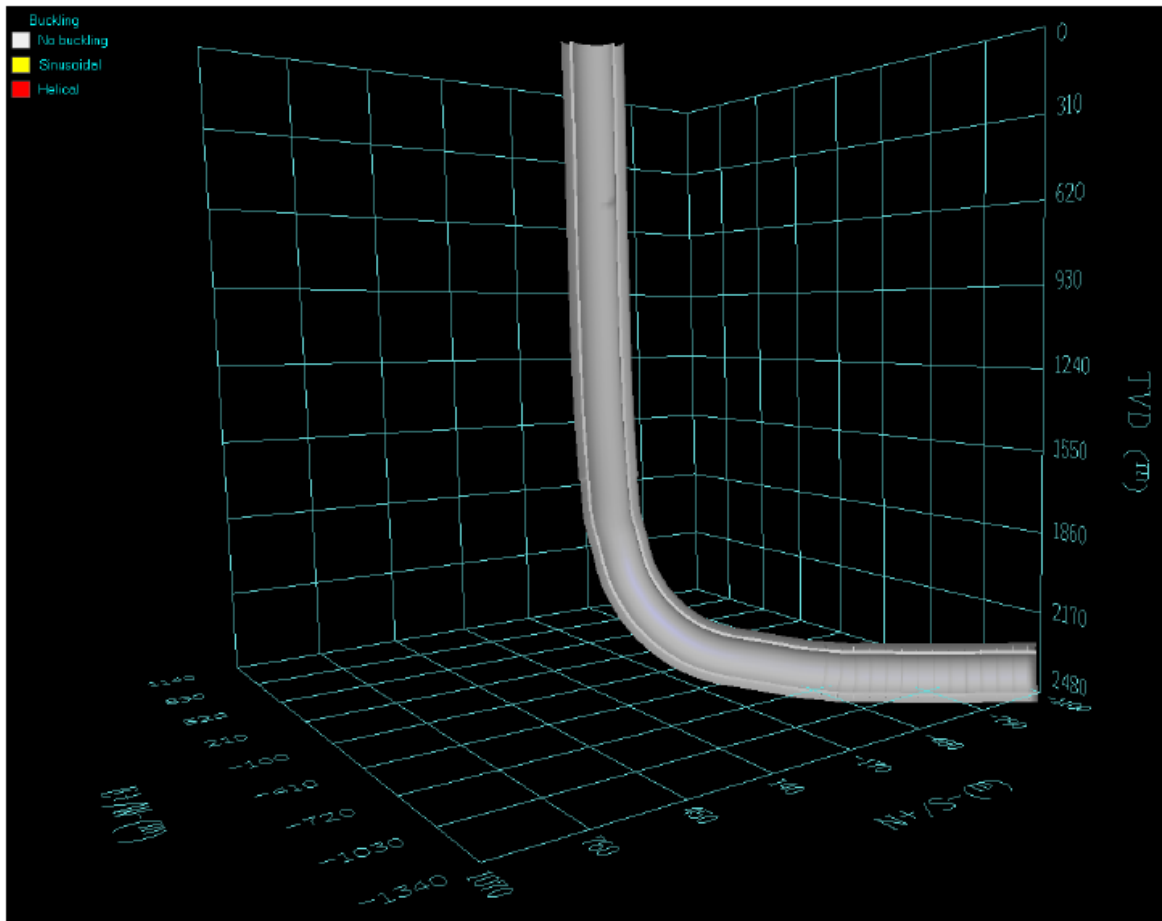
Se llevo un control estricto de niveles de piletas para detectar de manera temprana la presencia de admisiones, ya que la perdida de hidrostática podría llevar a causar inestabilidad de paredes de pozo con el consecuente aprisionamiento de la herramienta de perforación. Como mitigación se programaron tapones de cemento en caso de requerir remediar una zona de perdida de circulación, los cuales han sido exitosos para tratar zonas de perdidas en la formación Lajas dentro de este campo.

- Respetar ventana de densidad de lodo para evitar inducir perdidas, dada la perforación del pozo en una solo etapa se debía tener control estricto de la densidad y caudal de perforación, analizando constantemente la ECD para evitar que se sobrepase el valor de 1470 g/l del PIT. Estableciendo la siguiente tabla como guía:

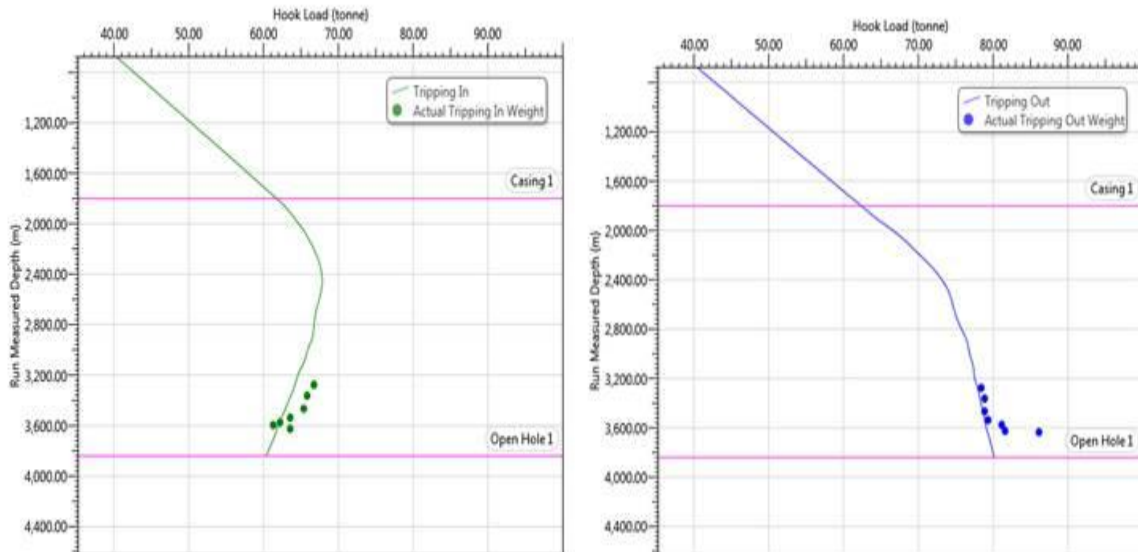
180m, densidad de fluido 1250 g/l: 1390 g/l
 185 gpm, densidad de fluido 1250 g/l: 1399 g/l
 190 gpm, densidad de fluido 1250 g/l: 1404 g/l
 195 gpm, densidad de fluido 1250 g/l: 1411 g/l
 200 gpm, densidad de fluido 1250 g/l: 1418 g/l
 205 gpm, densidad de fluido 1250 g/l: 1426 g/l
 210 gpm, densidad de fluido 1250 g/l: 1433 g/l
 215 gpm, densidad de fluido 1250 g/l: 1440 g/l
 220 gpm, densidad de fluido 1250 g/l: 1448 g/l
 225 gpm, densidad de fluido 1250 g/l: 1455 g/l
 230gpm, densidad de fluido 1250 g/l: 1462 g/l

Para la instalación de las camisas se realizaron simulaciones de torque y arrastre que contemplaban factores de fricción de 0.2 en pozo entubado y 0.3 a pozo abierto, siendo el diámetro de la cañería de entubación de 4.5” mientras que el diámetro del pozo era de 6”. El espaciamento de las camisas fue de 56 m y la cantidad de camisas 14. Con estas consideraciones se encontró que no se presentaba

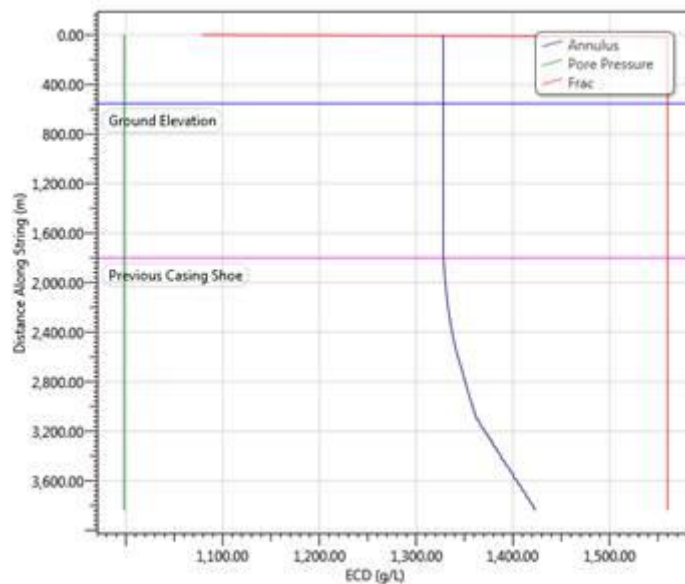
pandeo al instalar el conjunto de camisas. Antes de realizar la entubación se definió revisar la simulación con ajustes a los parámetros reales observados.



Para asegurar una exitosa instalación del conjunto de camisas cementables se recalcularon las simulaciones de entubación. Para las simulaciones de T&D, se tomaron los FF de 0.15 para CSG y 0.22 para OH

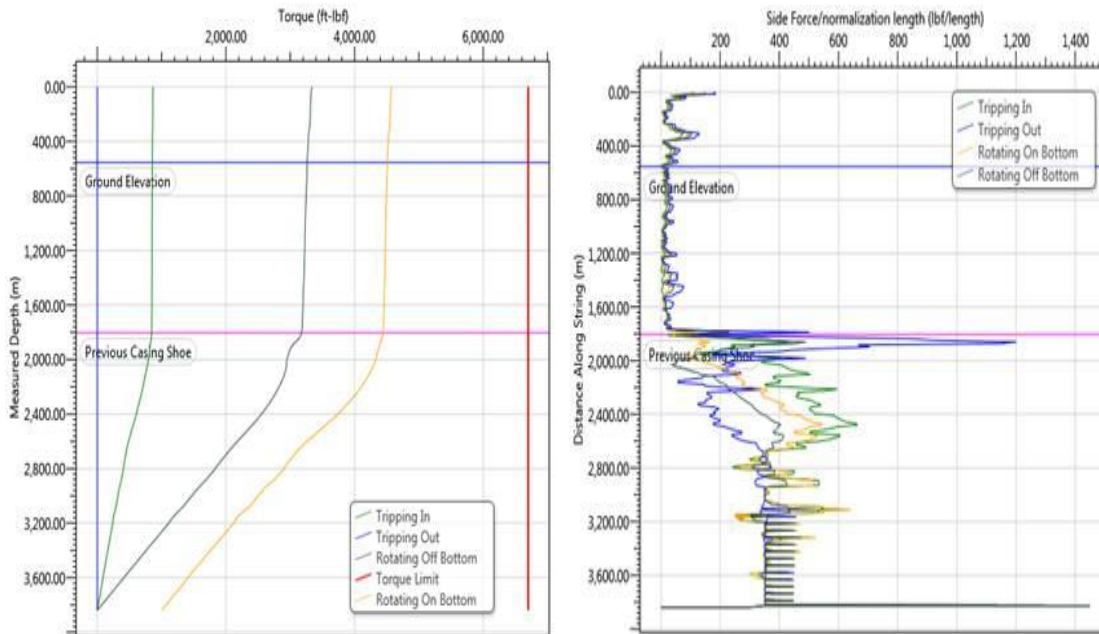


Hidraulica: Lodo 1240 gr/lts. La simulación con el BHA arrojó una ECD de 1350gr/lts. (La maxima ECD se registro con un caudal de 220gpm en una prueba dimanica en 2835mts, valor simulado: 1470gr/lts. Con 150gpm (Caudal de cementación 3bbl) se obtenía una ECD de 1420gr/lts

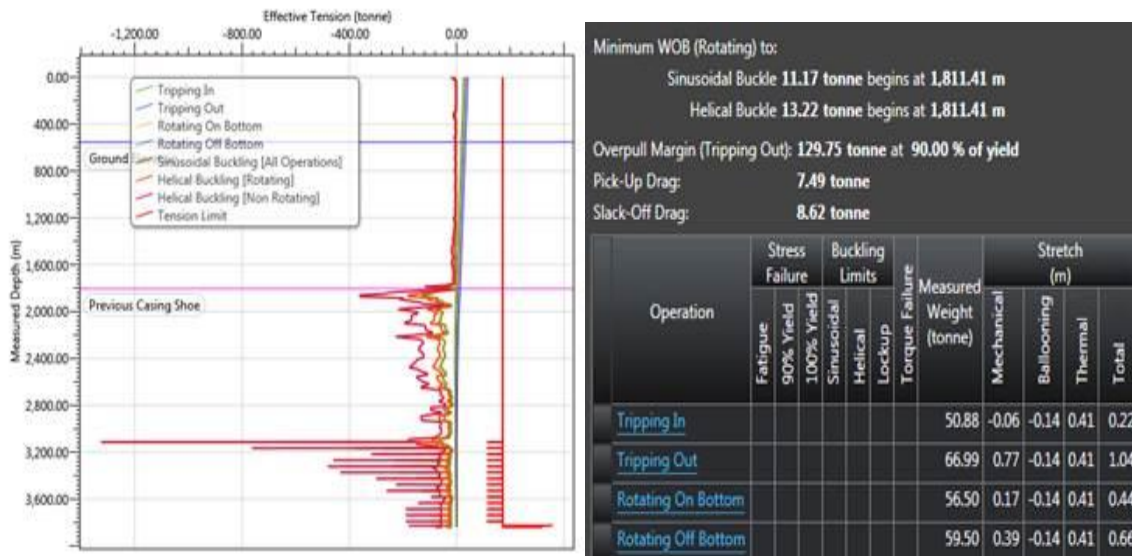


Simulación de T&D:

Para esta simulación se considera que los csg se asientan con 3tn y se pone a rotar. Torque estimado en el fondo 1000 lb-ft



Tensión efectiva: NO se observa Buckling bajo ninguna situación de carga.



Parala entubación se establecieron las siguientes acciones

- 1- Realizar una carrera de calibre previo a la entubación. Sacar el BHA sin rotación por la ventana del ST. (BHA: PDC 6" + 2 PM 4 3/4" + 3 HW 4" + B/S)
- 2- Al entrar al sidetrack, bajar el casing a una velocidad moderada hasta 100m después de la última camisa pasen a través de la ventana del casing
- 3- No rotar casing de 4.5" hasta que las camisas estén en OH.
- 4- Se bajara llenando y rompiendo geles en las siguientes profundidades. Sobre el fondo del pozo se circulara un fondo arriba iniciando la circulación de forma matricial incrementado

el caudal de forma escalonada. Antes de incrementar el caudal se debe observar presión estable.

- En caso de ser necesario tener que rotar por asentamiento de la hta antes de que las camisas (14) se encuentren fuera del casing se deberá notificar a Ing de Perforación y Operaciones, para definir pasos a seguir
- Luego de alcanzar los 2600mts (todas las camisas en OH) el límite de torque en superficie es el límite operativo del Casing de 4.5" 13,5# P-110 TBL: 7370 lbs-ft.

RESULTADOS

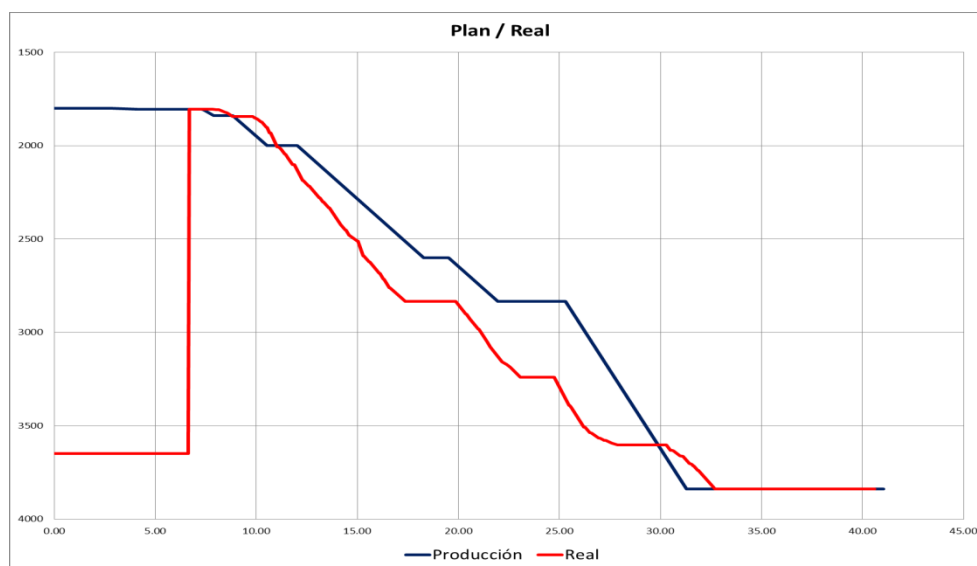
Se logró perforar un pozo construyendo la curva y la rama horizontal en una sola sección, validando el análisis de geomántica desarrollado para este yacimiento.

Se acotaron los riesgos operativos de perforación, especialmente los referidos a intersectar fracturas existentes de pozos vecinos, para lograr una ejecución de pozo exitosa.

Se encontró que con la utilización de RSS no se logra una mejor penetración con respecto a perforar el pozo con motor de fondo. Inicialmente se pensó que la ROP máxima a obtener con MDF sería de 3.5 m/h siendo en realidad durante la operación de alrededor de 4.8 m/h a 5.4 m/h, en tanto que con RSS se alcanzó una ROP de 5.2 m/h.

Se logró bajar la instalación de terminación con camisas cementadas de manera exitosa.

Se logró alcanzar un objetivo horizontal en Lajas con un costo 62% menor que el costo de la primer experiencia y cumpliendo con los tiempos planificados de la operación, como puede observarse en la Figura 17.



CONCLUSIÓN

Se comprobó con éxito y como oportunidad de optimización para nuevos pozos horizontales la posibilidad de realizar re-entries desde pozos con producción marginal. Este cambio de estrategia requirió el análisis de pozos candidatos, su reacondicionamiento, manejo de los riesgos asociados a condiciones de subsuelo y selección de un sistema multi etapa óptimo de terminación del pozo.

Todo este desarrollo permitió alcanzar un objetivo de pozo horizontal aun costo significativamente menor que la construcción de un pozo nuevo, utilizando los recursos existentes en el campo, en este caso un pozo de producción marginal

Esto fue logrado por un trabajo entre las diferentes disciplinas involucradas y un detallado análisis de escenarios posibles con su respectiva evaluación de costo/beneficio.