

OPTIMIZACIÓN DE PERFORACIÓN DE POZO CON OBJETIVO TIGHT EN YACIMIENTO LAJAS

Demarchi, Nicolás (nicolas.demarchi@ypf.com) YPF.SA - Pérez Buscaglia, Carlos (carlos.perez.b@ypf.com) YPF.SA - Tapia Paredes, Rodrigo Andres (rodrigo.tapia@ypf.com) YPF.SA - Marín Moran, Anahí Del Valle (anahi.marin@ypf.com) YPF.SA - Quintero Ramírez, Jesús (JQUINTEROR@ypf.com) YPF.SA - Yapur, Fernando Gabriel (fernando.yapur@ypf.com) YPF.SA - Martin, Jorge Luis (jorge.l.martin@ypf.com) YPF.SA - Damico, Federico Andres (federico.damico@ypf.com) YPF.SA

Sinopsis

En el yacimiento Lajas la perforación de pozos con objetivo Tight requiere atravesar areniscas fluviales de las formaciones Lotena y Lajas. La perforación de estos pozos presenta problemas de admisiones severas en la Formación Lotena e inestabilidad de pozo en la Formación Lajas lo que llevó a que el desarrollo del campo entre los años 2012 a 2014 requiriera una arquitectura de pozo con una cañería intermedia al tope de la Formación Lajas para aislar dichas formaciones.

Con el objetivo de reducir los tiempos y costos de la perforación del yacimiento Lajas, se realizó un estudio sobre la distribución del tamaño de garganta poral de la Formación Lotena con el fin de determinar una formulación de materiales sellantes y una metodología de aplicación la cual permita perforar la Formación Lotena y la Formación Lajas en conjunto, con lo cual se logró implementar un cambio en el diseño de pozo eliminando una cañería. De esta manera se pasó de un diseño de pozo de cuatro cañerías a un diseño de pozo de tres cañerías.

Los resultados técnico-económicos obtenidos cumplieron con los objetivos planteados, representando una reducción de tiempos y costos en un 10.8% y 14.8% respectivamente para los pozos con objetivo Lajas. Con los resultados obtenidos en los pozos con objetivo tight gas en la Formación Lajas, se analizó extender esta aplicación a pozos del mismo campo pero con el agregado como objetivo la producción de gas de la Formación Precuyano. Luego de perforar los primeros tres pozos con objetivo Precuyano y Lajas eliminando una cañería mediante esta metodología, se alcanzó un ahorro de un 34.3% en costos, una reducción del 38% en tiempos y habilitó la ampliación del proyecto a 6 pozos adicionales con objetivo Precuyano y Lajas.

Introducción:

El proyecto se desarrolla en la provincia de Neuquén, en el Bloque de concesión Loma La Lata-Sierra Barrosa, dentro del área de reserva Aguada Toledo- Sierra Barrosa.

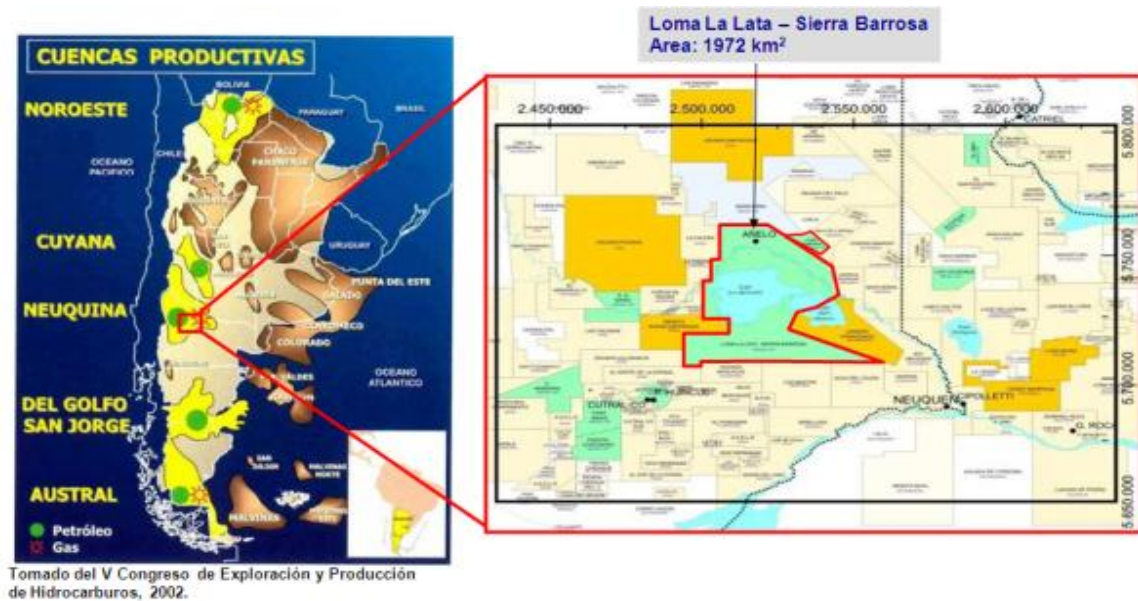


Figura 1- Ubicación

En el yacimiento Lajas la perforación de pozos con objetivo Tight requiere atravesar areniscas fluviales de las formaciones Lotena y Lajas. Las areniscas de la Formación Lotena presentan zonas con buenas propiedades de reservorio caracterizadas por una similar composición mineralógica. Se clasifican como arcosas y lito-areniscas feldespáticas, con granos predominantes de fragmentos volcánicos. Presenta una selección que varía de moderada a pobre. El tamaño medio del grano es altamente variable y va desde areniscas finas a muy gruesas.

La perforación de estos pozos presenta problemas de admisiones severas en la Formación Lotena e inestabilidad de pozo en la Formación Lajas lo que llevó a que el desarrollo del campo entre los años 2012 a 2014 requiriera una arquitectura de pozo con una cañería intermedia al tope de la Formación Lajas para aislar dichas formaciones.

Con el objetivo de optimizar la etapa de Perforación se diseñó un sistema de material sellante para tratar la Formación Lotena, buscando obtener los siguientes beneficios:

- Reducir/Eliminar admisiones
- Perforar Formación Lotena y Formación Lajas en conjunto
- Eliminar cañería intermedia II (Reducción de tiempos y costos operativos)

Identificación de oportunidad de mejora

En el diseño original, la cañería Intermedia II se colocaba para cubrir la Formación Lotena que presenta admisiones si se perfora junto a la Formación Lajas. Por problemas de estabilidad de pozo la Formación Lajas requiere una densidad de 1150gr/lts que induce admisiones en Lotena. En caso de presentarse admisiones, la pérdida de presión hidrostática hace que se desestabilice la Formación Lajas incurriendo en problemas de aprisionamiento de la herramienta.

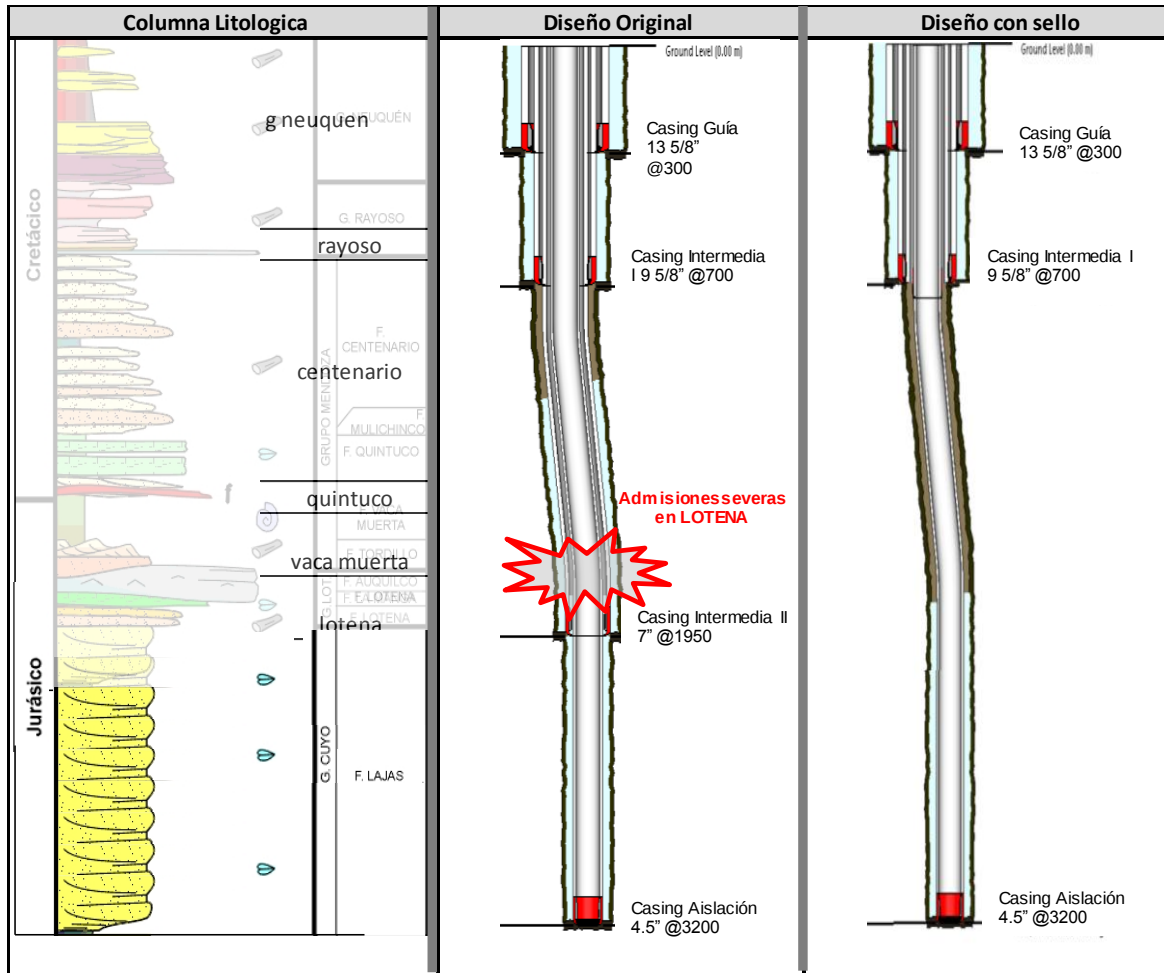


Figura 2: Esquema de pozo Lajas

Metodología de trabajo

Definida la oportunidad de mejora se plantean los siguientes pasos:

- Análisis y determinación del tamaño de gargantas porales
- Definición de los requerimientos del tipo de sello: Presión diferencial a simular en los ensayos de filtrado
- Selección del material sellante y pruebas de laboratorio
- Procedimiento de aplicación

A. Análisis y determinación del tamaño de partículas sellantes:

Mediante el estudio de testigos coronas realizadas en la Formación Lotena se determina la distribución del tamaño de gargantas porales y los porcentajes de estas.

La definición de estos parámetros es obtenida a través de 23 mediciones de inyección de mercurio en los testigos coronas provenientes de pozos del mismo yacimiento.

La litología descrita en los testigos corona analizados es la siguiente:

1. Arenas gruesas mal seleccionadas y conglomerados: Reservorio de mejor calidad con permeabilidades desde 50 mD que pueden alcanzar los 1000 mD dependiendo del tipo y cantidad de cemento que une los clastos.
2. Conglomerado matriz sostén: con un rango de permeabilidad entre 30 y 200 mD.
3. Arenas medias y finas: Con permeabilidades del orden de 10mD
4. Fangolitas que actúan como separadores de unidades hidráulicas

A continuación se muestran los gráficos de distribución de diámetro de garganta poral derivados de las mediciones de mercurio para cada tipo de roca. Estos gráficos permiten asociar a cada tipo de roca un rango de permeabilidad, el cual lo podemos relacionar a un diámetro de garganta poral ($>$ diámetro $\Rightarrow >$ permeabilidad).

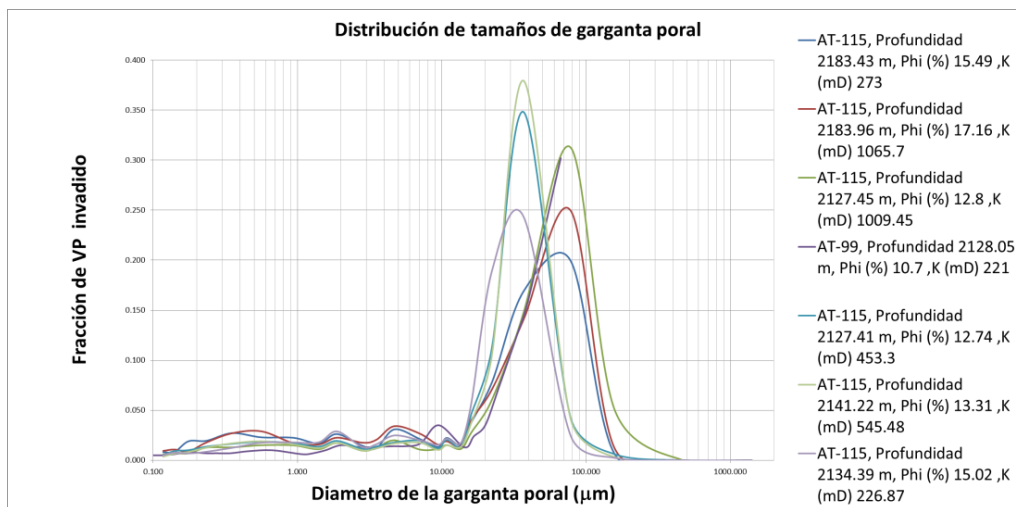


Figura 3: Familia N° 1, Arenas gruesas-conglomerados.

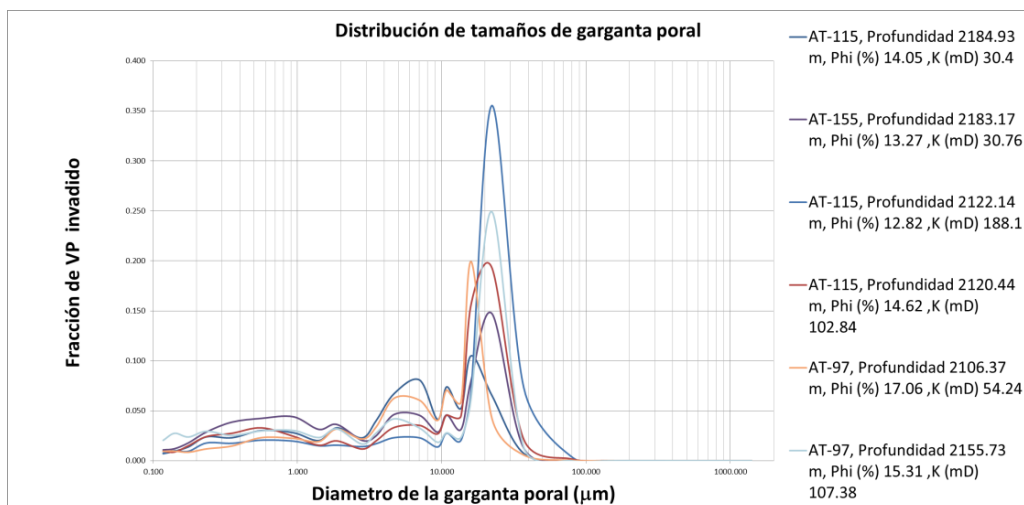


Figura 4: Familia N°2, Arenas conglomerados matriz-sostén.

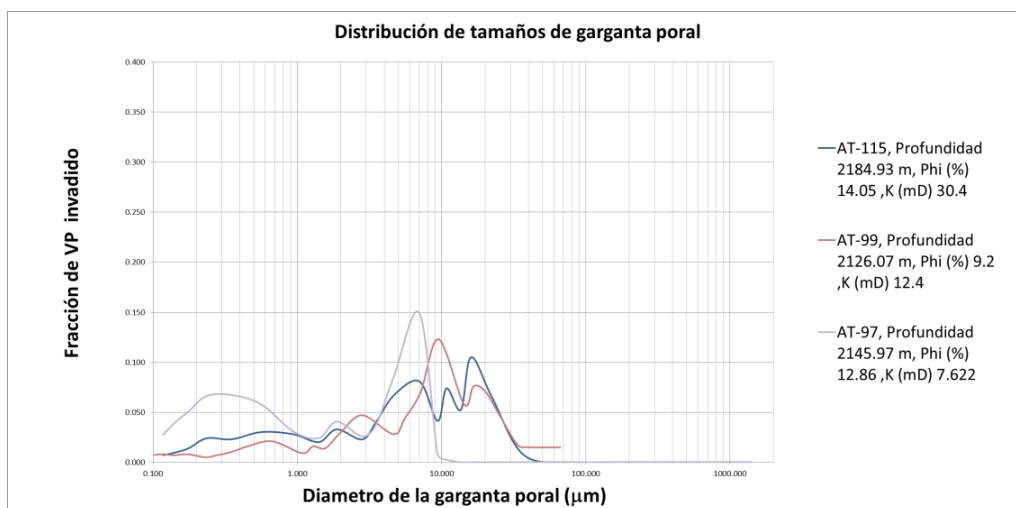


Figura 5: Familia N°3, Arenas medias y finas.

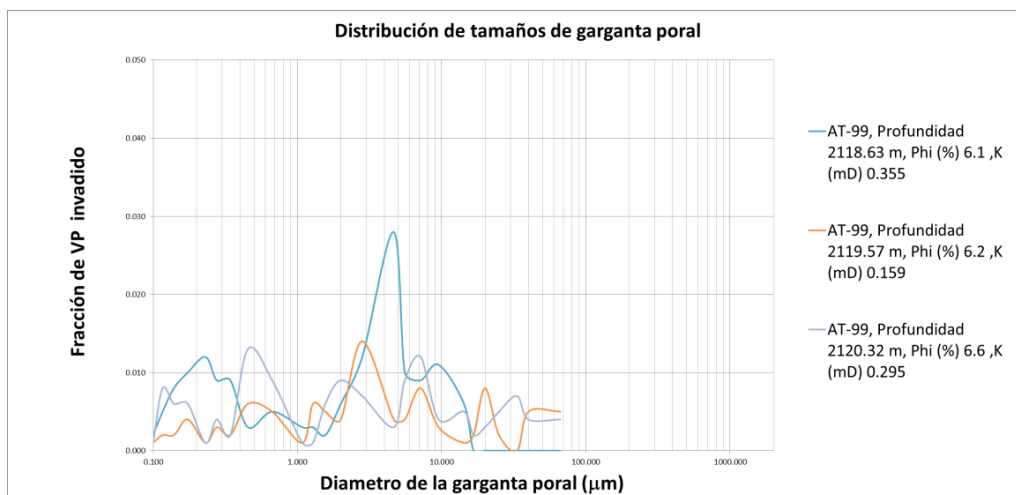


Figura 6: Familia N°4, Fangolitas.

Para cada uno de los tipos de roca se obtienen los siguientes rangos de distribución de tamaños de garganta poral los cuales son asociados al porcentaje de tipo de roca que compone la formación en estudio, determinando el rango de tamaño de garganta poral más significativo para atacar.

Distribución del tamaño de garganta poral:

- Fangolitas/Arcillas: de 2 a 10 micrones. (24.8%)
 - Arenas Finas: 4 a 30 micrones. (23.5%)
 - Arenas (se tomó como arenas gruesas): 15 a 110 micrones. (22.9%)
 - Conglomerados: 15 a 110 micrones. (14%)
 - Conglomerados Matriz Sostén: 15 a 40 micrones. (14.8%)
- Partículas de 2 a 15 micrones, están en un porcentaje de aproximadamente 25 %.
 - Partículas de 15 a 110 micrones, representan el 75 %.

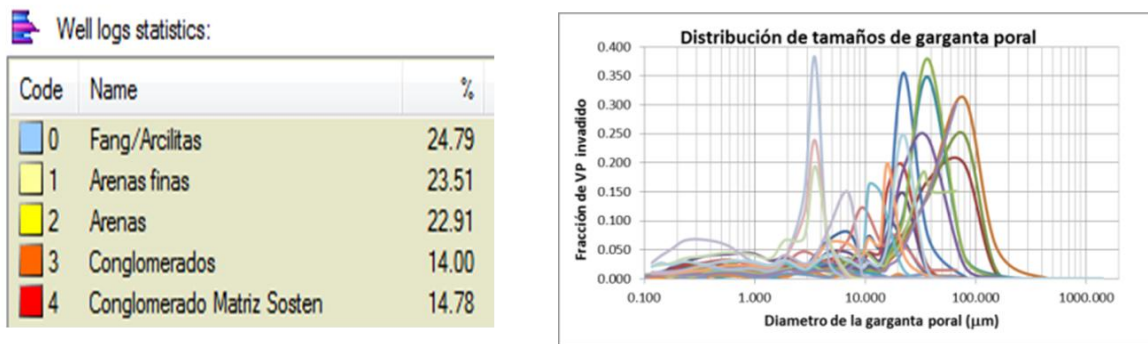


Figura 7: Distribución de tamaño de garganta poral

B. Definición de los requerimientos del tipo de sello: Presión diferencial a simular en los ensayos de filtrado.

Para definir la presión diferencial que debe soportar el sello, se realizó una simulación de ECD (Densidad Equivalente de Circulación) a la que se somete el sello sobre la Formación Lotena con la densidad necesaria para perforar la Formación Lajas.

Para ello se fijó una serie de parámetros constantes (BHA, Caudal, diámetro del pozo, trepano) y se calculó la presión ejercida sobre la formación de interés bajo dos condiciones distintas.

- 1- Primero se evaluó la presión equivalente de circulación teniendo en cuenta un lodo de densidad mínima (980 gr/lts), frente a la Formación Lotena.
- 2- Luego se evaluó la presión equivalente de circulación para un lodo de 1150 gr/lts frente a la Formación Lotena.

Conociendo ambas presiones se pudo obtener el diferencial de presión, el cual es el dato para evaluar la integridad de la formación luego de realizado el sello propuesto.

Presión diferencial calculada de acuerdo al criterio anterior: 280 psi

Caso 1		Caso 2	
Densidad	980 gr/lt	Densidad	1150 gr/lt
Lecturas Fann		Lecturas Fann	
600 rpm	34	600 rpm	43
300 rpm	21	300 rpm	26
200 rpm	15	200 rpm	17
100 rpm	10	100 rpm	10
6 rpm	6	6 rpm	6
3 rpm	4	3 rpm	4
VP	13	VP	17
PF	8	PF	9
Profundidad (MD)	1400 m	Profundidad (MD)	3106 m
Profundidad (TVD)	1338,73 m	Profundidad (TVD)	3019,65 m
Caudal	450 GPM	Caudal	450 GPM
Perdida de presión en el Sistema	1696 psi	Perdida de presión en el Sistema	2659 psi
DEC en 1350 m	1045 gr/lt	DEC en 1350 m	1200 gr/lt
Presiones			
P poral estimada	500 psi	P poral estimada	500 psi
Presión Hidrostática en 1350 m (MD)	1865 psi	Presión Hidrostática en 1350 m (MD)	2176 psi
Presión Frente a Fm circulando	1989 psi	Presión Frente a Fm circulando	2269 psi

Figura 8: Calculo de Presión diferencial

C. Selección del material sellante y pruebas de laboratorio.

Para la elección del agente de sello, se utilizó la regla de Vickers y de acuerdo al tamaño de la garganta poral definido se solicita a diferentes compañías de lodo el desarrollo de formulaciones a ensayar.

La metodología para evaluar las formulaciones propuestas consistió en:

- a- Preparar un fluido base para comparar el resultado de la formulación sellante propuesto.
- b- Preparar las formulaciones de sellantes, las cuales pueden estar conformada por un producto o una combinación de agentes sellantes.
- c- Realizar ensayos de PPT (PERMEABILITY PLUGGING TEST) y Filtrado HTHP (Alta Temperatura – Alta Presión) Dinámico sobre el fluido base y las formulaciones propuestas. Los ensayos PPT se realizan según recomendaciones de las normas API 13B2

Ensayo PPT parámetros calculados según las siguientes formulas:

1) Spurt Loss, ml = descarga inicial.

- 2) Valor P.P.T., ml = Spurt Loss + (2 x ml de fluidos recuperados en 30 minutos)
- 3) Tasa de Filtración Estática Constante = (Filtrado a 30 min., ml - filtrado a 7.5 min., ml)/2739

Para los ensayos se definen las siguientes condiciones:

- Discos de filtrado: 5µm, 20µm, 60µm y 90µm (en aire).
- Presión diferencial: 500 psi (3.4 MPa) y 1500 psi (10.3 Mpa)
- Temperatura: 250°C.
- 100 RPM.

En base a esta metodología de trabajo definida se seleccionaron las siguientes formulaciones óptimas de acuerdo a la compañía de lodo.

Compañía A	
Producto	Concentración
Fibras celulósicas y polímeros sintéticos.	20 Kg/m ³

Compañía B	
Producto	Concentración
Elastómero sellador inerte	57,1 kg/m ³
Mezcla única de selladores inorgánicos.	28,5 kg/m ³

Compañía C	
Producto	Concentración
Mezcla de polímeros, agentes entrecruzados y material fibroso.	20 kg/m ³
Polímero, agente controlador del filtrado.	20 kg/m ³
Agente lubricante de tamaño fino	20 kg/m ³
Asfáltica aditivada con glicol.	20 kg/m ³

Compañía E	
Producto	Concentración
Carbonato de calcio D50 de 7,1 micrones	36 kg/m ³
Carbonato de calcio D50 de 24 micrones	12 Kg/m ³
Carbonato de calcio D50 de 37 micrones	12 Kg/m ³
Gilsonita.	15 Kg/m ³

Compañía D	
Producto	Concentración
Calcita de alta pureza D50 de 10 micrones.	15 kg/m ³
Calcita de alta pureza D50 de 20 micrones.	15 kg/m ³
Calcita de alta pureza D50 de 50 micrones.	10 kg/m ³
Agente de puente angular de tamaño específico, basado en carbono	10 kg/m ³
Aditivo alta tecnología para pérdidas de circulación.	10 kg/m ³

D. Procedimiento de aplicación:

Seleccionada la formulación optima a utilizar, según la compañía de lodo, se definió el siguiente procedimiento de aplicación para poder tener un control estricto y asegurar el cumplimiento de los objetivos. En el mismo procedimiento se contemplan los pasos a seguir en caso de falla del sello.

1. 50 mts previo a ingresar a la Formación Lotena, comenzar con el agregado del material sellante al circuito activo.
2. Durante la perforación de la Formación Lotena, se debe mantener la concentración de material sellante. Durante esta fase se registran los volúmenes de material sellante agregado al sistema, para de esta forma asegurar la concentración definida.
3. Una vez finalizada la perforación de Lotena y alcanzada la profundidad de asentamiento del zapato de la cañería de 7in (40mts dentro de la Formación Lajas) circular un fondo arriba a caudal de perforación (450 gpm).
4. Realizar Flow Check, sacar y posicionar herramienta por encima de la Formación Lotena.
5. Circular pozo a través de circuito chico hasta normalizar densidad de entrada y salida a 1150 gr/lts, controlando niveles de piletas para detectar admisiones (Caudal de perforación – 450 gpm). Durante la densificada no se agrega material sellante al circuito.
6. Realizar prueba dinámica: una vez obtenida la densidad de 1150 gr/lts, incrementar el caudal en forma progresiva hasta lograr una ECD de 1200 gr/lts.

Se considera prueba positiva si las admisiones registradas son inferiores a 3 m³/hs

7. **Prueba Positiva:** continuar perforando según programa de perforación. En caso de registrar admisiones, tratar con sellantes en forma de baches.
8. **Prueba Negativa.** En caso de que la prueba del punto 6 resulte negativa, circular para normalizar. Controlar y registrar volumen de admisión y nivel de pozo en condiciones estáticas. Se continúa con programa de entubación de cañería Intermedia II.

Implementación y resultados

A continuación se presenta la ubicación de los pozos en los cuales se implementó el procedimiento de sello de la Formación Lotena.

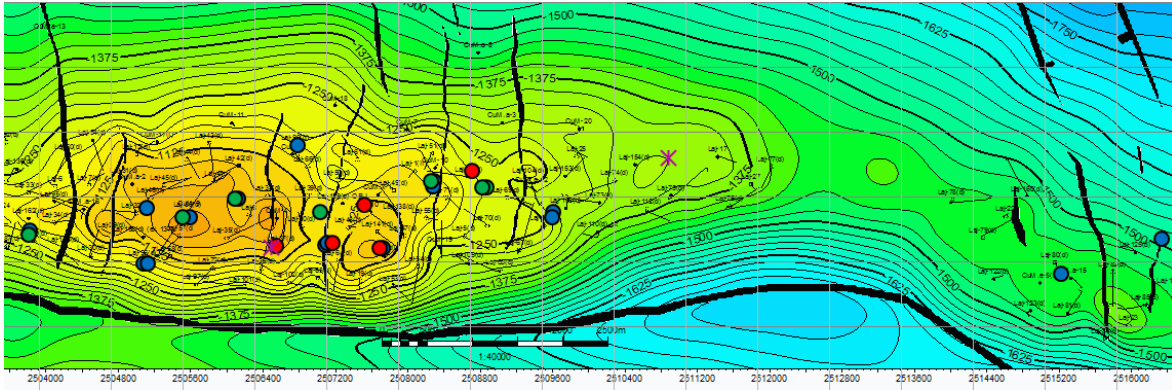


Figura 9: Mapa estructural al top de la Formación Lajas con referencia de los pozos donde se implementó el sello en la Formación Lotena

Los círculos de color representan los pozos en los cuales el sello fue efectivo, siendo cada color representativo de una compañía de lodo diferente.

Los asteriscos corresponden a las pruebas fallidas en las cuales se debió entubar cañería Intermedia II, según el programa original.

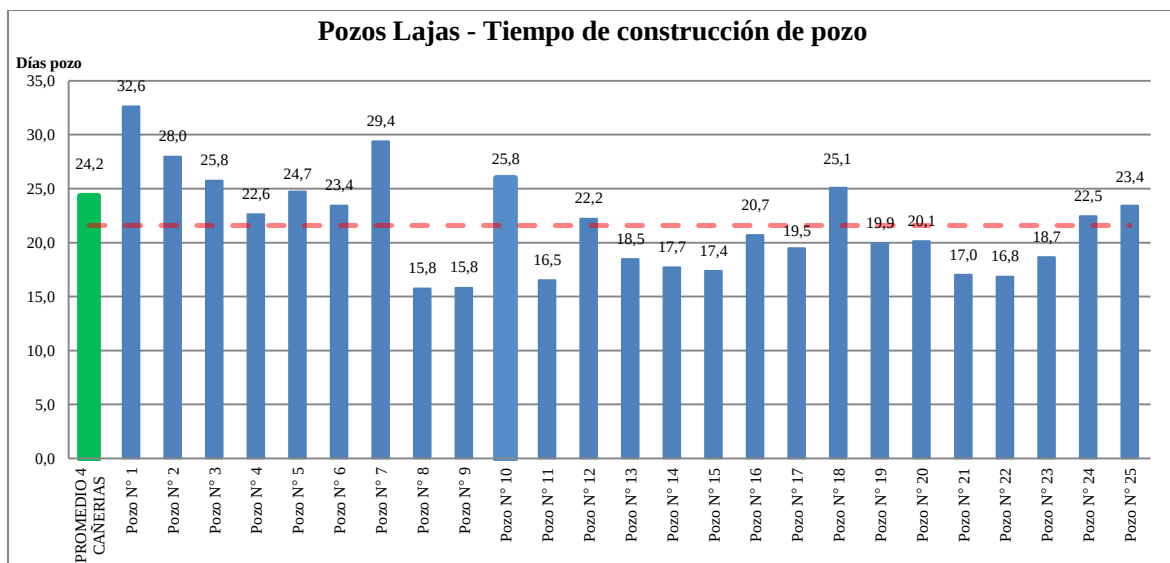
Esto representa una efectividad de un 90%, compuesto por 25 pruebas efectivas sobre un total de 28.

Del análisis final de los pozos, se llega a la conclusión que las pruebas fallidas pueden estar vinculadas a:

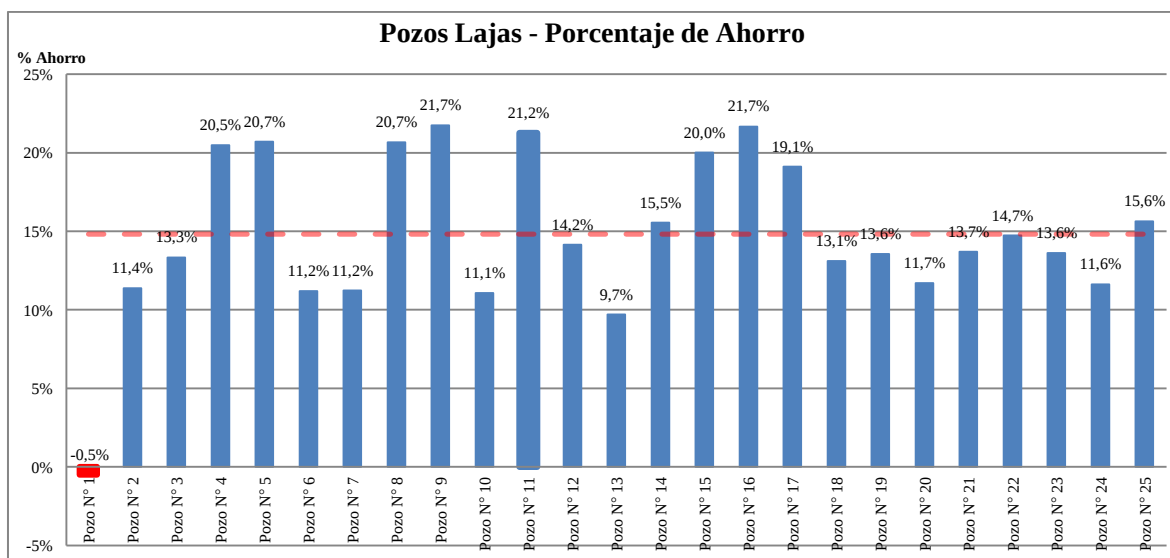
- La posición del pozo en el yacimiento, donde la Formación Lotena presenta pérdidas que no son obturables.
- Fallas en el procedimiento de aplicación.

En el siguiente gráfico se muestran los tiempos operativos de los pozos Lajas en los cuales se aplicó esta metodología de trabajo, respecto al tiempo operativo promedio de los pozos con la arquitectura de 4 cañerías, perforados en 2015.

En general se obtuvo una reducción de tiempos del 10.8%, siendo el tiempo promedio con la aplicación de material sellante de 21.6 días respecto a 24.2 días promedio para pozos de 4 cañerías.



Con respecto a los costos, el ahorro promedio fue de un 14.8% respecto al costo programado con 4 cañerías. Se puede observar que solo uno de los pozos no muestra un ahorro, en este caso en particular fue el primer pozo de la implementación en el cual los consumos de material sellante compensaron los ahorros por la eliminación de la cañería intermedia. Posterior a este pozo se sometió a una revisión el procedimiento de aplicación, eliminando el agregado de material sellante de forma preventiva durante la perforación de la Formación Lajas. Durante la perforación de esta formación en los siguientes pozos el agregado de material sellante fue en forma de baches y solo en caso de observarse admisiones superiores a 2.5 m3/hs.



Dado el éxito obtenido en la implementación del sello de la Formación Lotena, se planteó la posibilidad de aplicar esta metodología para pozos cuyo objetivo fuese la Formación Precuyano. En los cuales la perforación de la Formación Lotena debe coexistir con la Formación Lajas y la Formación Los Molles. De esta manera el objetivo era perforar un pozo a la Formación Precuyano con 4 cañerías en lugar de 5 cañerías como era el esquema utilizado históricamente.

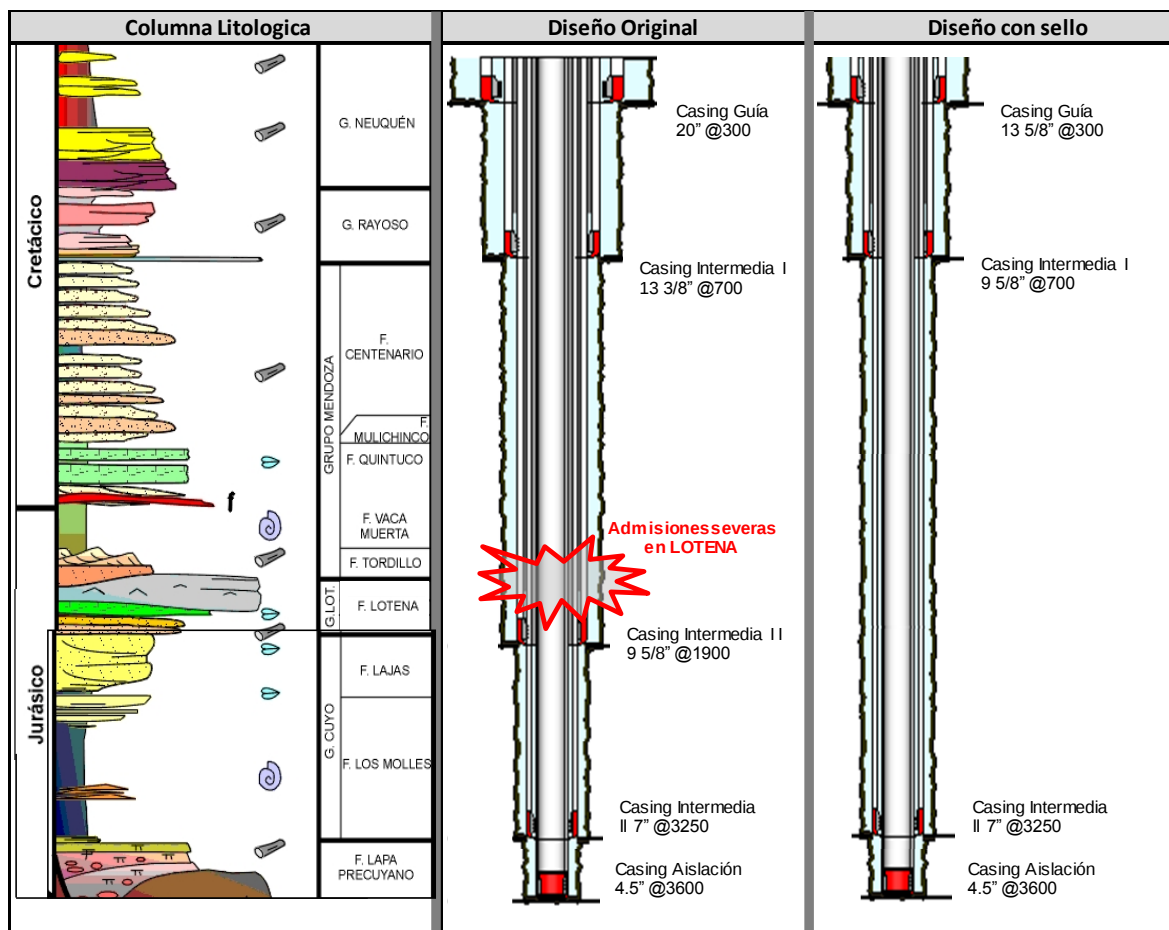
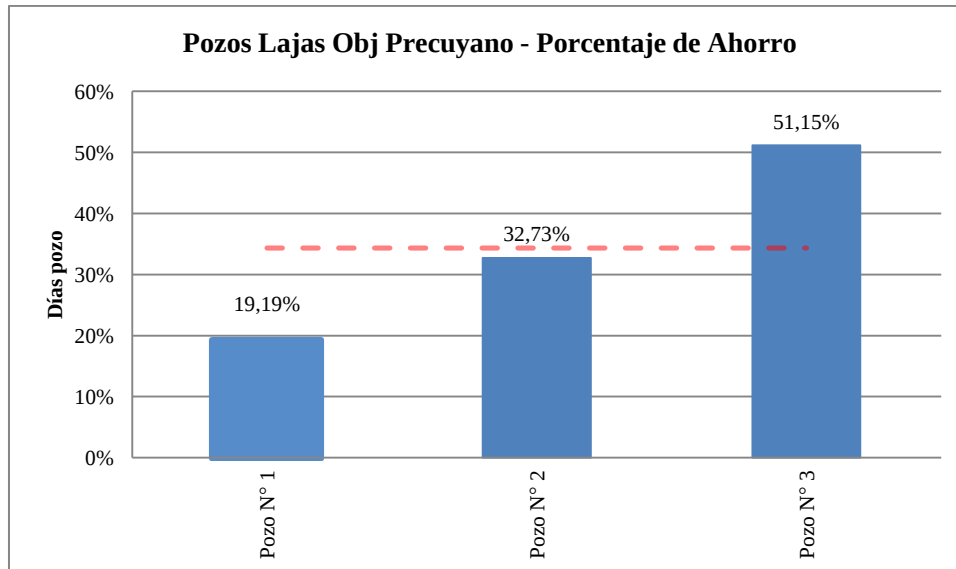
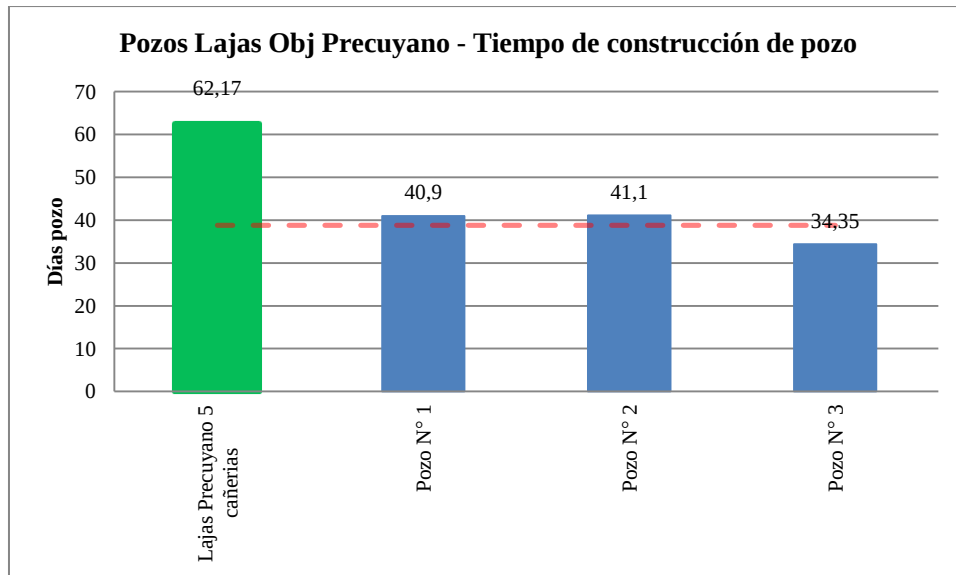


Figura 10: Esquema de pozo Lajas Objetivo Precuyano

La posibilidad de realizar un sello efectivo en la Formación Lotena y de esta manera poder perforar hasta la Formación Los Molles permite que la arquitectura del pozo cuente con una cañería menos y por lo tanto presente los siguientes beneficios

- ✓ Los requerimientos de materiales (cabezales y cañerías) son menores.
- ✓ Los volúmenes de lodo y cemento se reducen considerablemente.
- ✓ Se puede abordar la perforación del tramo de pérdida de circulación total en Grupo Neuquen con un diámetro menor que impacta directamente en consumo de agua y los tiempos de perforación.
- ✓ Se reduce el tiempo total de perforación del pozo al tener una fase plana menos.

Para el caso de pozos con objetivo Formación Precuyano se obtuvo un ahorro de un 34.3% en costos y una reducción de 38% en tiempos respecto a un pozo programado con una arquitectura de 5 cañerías.



Estos resultados permitieron incrementar las reservas probadas del campo y hacer rentable la perforación de 6 nuevos pozos con objetivos a las formaciones Lajas y Precuyano.

Conclusiones

La perforación de pozos en el yacimiento Lajas presenta problemas de admisiones severas en la Formación Lotena e inestabilidad de pozo en la Formación Lajas, lo que llevó a que el desarrollo del campo entre los años 2012 a 2014 requiriera una arquitectura de pozo con una cañería intermedia al tope de la Formación Lajas para aislar dichas formaciones.

Con el objetivo de optimizar la etapa de Perforación se diseñó un sistema de material sellante para tratar la Formación Lotena, buscando reducir/eliminar admisiones, perforar la Formación Lotena y la Formación Lajas en conjunto y eliminar cañería intermedia II.

Se elaboró una metodología para la evaluación y selección de materiales sellantes en base a la información disponible de las características litológicas de la formación.

Se confeccionó un procedimiento de trabajo para la aplicación del material sellante de manera estándar con un nivel de eficacia del 90%. Esto permitió que los resultados alcanzados fuesen independientes de la compañía de fluidos y de un producto específico.

Los resultados técnico-económicos obtenidos cumplieron con los objetivos planteados, representan una reducción de tiempos y costos en un 10.8% y 14.8% respectivamente, que impactan directamente en la rentabilidad del proyecto.

La aplicación de esta metodología no solo generó ahorros en pozos con objetivo Formación Lajas, sino que también redujo el costo de construcción en pozos con objetivos más profundos a la Formación Precuyano. Esto permitió incrementar las reservas probadas del campo.