

Casing Drilling y Cementación de Tramos Guías - Argentina

Nicolás Pesoa – Baker Hughes Arg. SRL – Nicolas.Pesoa@bakerhughes.com

Pablo Navarro – Baker Hughes Arg. SRL – Pablo.Navarro@bakerhughes.com

Sinopsis

Casing Drilling es un proceso en el cual se combinan los procesos de Entubación y Perforación en una única maniobra, utilizando para ello una zapata perforadora (no recuperable) unida a la columna de Casing's, esta zapata permite ser rotada en la carrera posterior para la continuación de la construcción del pozo. Este sistema permite perforar zonas problemáticas y aislarlas en una sola carrera, reduciendo potenciales tiempos no productivos asociados a problemas de pozo, eliminando tiempos de viaje para calibre, armado y desarmado de ensamblajes de fondo (BHA's) y Barras de Sondeo, además de mejorar la seguridad en el piso de trabajo con la eliminación de los riesgos asociados al manejo de los tubulares de la columna de perforación convencional.

Hasta la fecha se llevan realizadas más de 100 carreras con la tecnología Casing Drilling en Argentina. En el presente trabajo se realiza una recapitulación sobre estas experiencias, focalizadas principalmente en el flanco norte de la provincia de Santa Cruz en la cuenca del Golfo San Jorge y en la zona centro/oeste de la Cuenca Neuquina. Se hace una breve reseña histórica sobre los primeros pozos, para luego entrar en el desarrollo actual, las diversas aplicaciones y sus objetivos dependiendo del campo, las diferentes zapatas perforadoras (EZCaseTM) utilizadas para cada caso y los resultados obtenidos.

Con respecto a la cementación de los tramos realizados con esta tecnología, nos focalizaremos en la curva de aprendizaje realizada en los pozos de la Cuenca del Golfo San Jorge, se muestra el desarrollo de las lechadas de cemento utilizadas para bombear a través del EZCaseTM; se incluyen ensayos de laboratorio desde las primeras lechadas piloto hasta las finalmente utilizadas. Además, se tratan temas operativos, diámetros asumidos, excesos en superficie, registro de cemento y centralización de la columna de Casing's.

Introducción

La aplicación de la tecnología de Casing Drilling se encuentra focalizada principalmente en tres campos petrolíferos de Argentina, cada uno de ellos con sus características particulares pero compartiendo el mismo objetivo, la reducción de los tiempos operativos de las secciones superficiales de los pozos con la consecuente reducción de los costos asociados a las mismas.

- 1) Al Norte de la provincia de Santa Cruz en la Cuenca del Golfo San Jorge.

En este campo la aplicación del EZCaseTM es en las guías de 12 ¼" con el solo objetivo de la reducción de tiempos operativos, eliminando las maniobras normales de la perforación convencional de esta sección. No existe un problema de pozo asociado, por lo que se busca maximizar la ROP (velocidad de penetración) en todos los casos, aplicando parámetros de perforación exigentes sobre el sistema.

2) En el Oeste de la Cuenca Neuquina

En este campo, la aplicación del EZCase™ también es en la guías de 12 ¼”, pero existe un problema de pozo asociado a la utilización del sistema. En esta sección del campo se observan pérdidas de circulación parcial y/o total que dificultan la perforación convencional, haciendo que los tiempos operativos se incrementen debido a maniobras de calibre adicionales, al corte de la perforación para el bombeo de baches obturantes y/o acumulación de agua. Con la introducción del Casing Drilling, se logra perforar la sección en forma constante sin la necesidad de movimiento de la sarta de perforación, sin la necesidad del bombeo de baches obturantes, con la posibilidad de trabajar con caudales menores y tener un mejor manejo de las necesidades de agua en locación; una vez alcanzada la profundidad final de la sección se procede a cementar inmediatamente.

3) En el Centro de la Cuenca Neuquina

En este campo, la aplicación del EZCase™ es en la sección intermedia de 12 ¼”, en este caso existen problemas de pozos severos que obligan al uso de esta tecnología para la perforación de los pozos. Existen pérdidas de circulación totales que no pueden ser obturadas con los procedimientos convencionales y hay que convivir con la perforación sin retorno en la mayor parte del tramo, a este inconveniente se asocia la presencia de paquetes de arcillas reactivas que provocan cerramientos de pozo. Lo extenso de los tiempos operativos para la perforación convencional de esta sección debido a las varias maniobras de calibres necesarias y los cortes de circulación para la acumulación de agua, hacen que el problema de las arcillas reactivas se agrave y se ha llegado al abandono de pozos por problemas operativos. Con la introducción del Casing Drilling se ha logrado perforar los pozos sin mayores inconvenientes, con la posibilidad de perforar el tramo problemático y aislarlo inmediatamente con la cementación posterior.

En los tres campos, explicados brevemente arriba, se ha logrado la implementación exitosa de esta tecnología y se ha logrado una disminución importante en los tiempos operativos de las secciones que justifican su utilización en forma estándar para la perforación de estos pozos.

Los objetivos principales de la cementación posterior de estos tramos son los siguientes,

- Sellar hidráulicamente, aislar los acuíferos superficiales y/o aislar las zonas de pérdidas de circulación para la continuación en la construcción del pozo.
- Soporte mecánico de la BOP, posteriores sarta de Casing's y esfuerzos durante la perforación a la TD (profundidad final) del pozo.
- Proteger al Casing de la corrosión.

Teniendo en cuenta la escasa o nula experiencia en cementaciones a través del EZCase™ en el país, se comienza con la curva de aprendizaje (Zona 1), con una investigación en aplicaciones similares en otros países en la búsqueda de información.

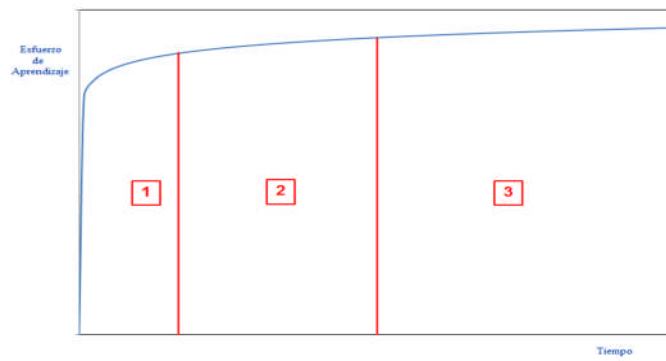


Figura 1: Curva de Aprendizaje

En la “Zona 1” de la curva de aprendizaje,

- Interacción con colegas en otros países. (Ensayos de Laboratorios, comparación de escenarios, los que no eran coincidentes con el nuestro)
- Experiencias y recomendaciones de los especialistas en EZCase™.
- Simulaciones para estimar comportamiento de la presión cuando la lechada pasa a través las boquillas.

Zapata Perforadora (EZCase™)

El EZCase™ es esencialmente un trépano PDC (Compactos de Diamante Policristalino) que está fabricado en una sola pieza a partir de una aleación especial de acero que permite su posterior rotación (destrucción) con un trépano PDC para la continuación de la sección posterior. Esta “Corona” es luego soldada a una pieza de Casing de aproximadamente 1 metro de longitud, el cual puede variar en diámetro, grado, libraje y tipo de conexión dependiendo de la columna de Casing’s que se esté utilizando, ya que deben coincidir las características de esta pieza con la columna completa.



Figura 2: Características del EZCase™

Algunas de las características importantes de esta herramienta,

- Puerto Secundario de By-Pass:
Es un puerto que permanece cerrado (sin accionarse) durante la operación normal de la herramienta, solamente se utilizará o accionará en caso de una contingencia. Si las boquillas se llegaran a tapar, este puerto secundario se activará con una presión diferencial de 2500 psi y permitirá la realización normal de las operaciones de cementación.
- Optimización mediante CFD (Dinámica de Fluido Computacional):
Este sistema computacional se utiliza para optimizar la orientación de las boquillas en busca de disminuir el tiempo de residencia del “cutting” generado en el frente de ataque de la herramienta y la erosión sobre el cuerpo de la misma. Este sistema y los conceptos son exactamente los mismos que se utilizan para la optimización en trépanos PDC convencionales. Las boquillas que posee el EZCase™ son perforables y pueden intercambiarse a diferentes diámetros para obtener el TFA deseado para la aplicación.
- Perfil Interno Optimizado:
El perfil interno de la aleación del EZCase™ está diseñado para permitir su rotación con un trépano PDC o Tricono tan rápido como sea posible.
- Estructura de corte de PDC:
La estructura de corte de este tipo de herramientas es idéntica a un trépano PDC convencional, utilizan la misma tecnología de cortadores y puede fabricarse una herramienta EZCase™ con cualquiera de los cortadores que actualmente están disponibles comercialmente.
- Calibres no Agresivos:
El diseño del calibre incorpora un borde afilado para reducir el torque reactivo y reducir la agresividad lateral.

Existen diversos diseños de estas herramientas, pero las que se utilizaron principalmente hasta la fecha en Argentina son tres modelos:

- EZC406: EZCase™ de 6 aletas con cortadores PDC de 13 mm.
- EZC404: EZCase™ de 4 aletas con cortadores PDC de 13 mm.
- EZC404X: EZCase™ de 4 aletas con cortadores PDC principales y de respaldo de 13 mm.

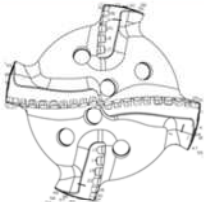
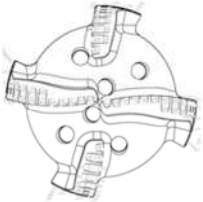
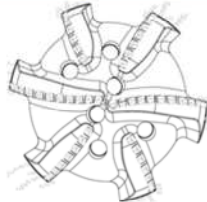
	EZC404	EZC404X	EZC406
Vista Frontal			
Tamaño	12.25"	12.25"	12.25"
Aletas	4	4	6
Casing	9.625"	9.625"	9.625"
JSA	29.18	29.18	26.445
Boquillas	6	6	6
Cantidad de Cortadores	42	66	64
Diámetro de Cortadores	13 mm	13 mm	13 mm
Área de Diamante	1,406.6 mm2	2,029.4 mm2	2143.4 mm2

Figura 3: Modelos de EZCase™

La elección de la utilización de cada uno de ellos es dependiente de la aplicación. En las aplicaciones más demandantes se opta por el EZC406, esta herramienta es la que posee mayor área de diamante disponible en comparación con las otras opciones, esta herramienta también es la primera opción en nuevos campos cuando no hay experiencias y no mucha certeza de la aplicación. Una vez que se corrobora la utilización sin inconvenientes de la tecnología y la herramienta de 6 aletas, se puede evaluar la utilización de las opciones más “Livianas”, con menor área de diamante disponible pero con mayor JSA (área de desalojo de recortes), estas características de las herramientas nos otorga un mayor potencial de optimización del rendimiento (mayor ROP).

Primeras Experiencias en Argentina

Las primeras 3 experiencias con esta tecnología se realizaron sobre fines del año 2006 y principios del 2007 en la zona central de la Cuenca Neuquina.

La aplicación era muy similar a la actual en esa zona, arenas superficiales blandas con intercalaciones de arcilla y con la presencia de los siguientes riesgos,

- Acuíferos superficiales en aproximadamente 200 mts de profundidad.
- Pérdidas severas de circulación entre los 300 y 550 mts.
- La presencia de intercalaciones de arcillas inestables y reactivas.

La principal diferencia con la aplicación actual son los diámetros de perforación y entubación que se utilizaron, como así también las profundidades en donde nos encontramos con estos riesgos. En este caso, el primer pozo se realizó con un EZCase™ de 16” y los dos siguientes con EZCase™ de 17 ½”, en todos los casos se entubó una Casing de 13 3/8”. En el momento que se realizaron estas experiencias, fueron las primeras a nivel mundial en utilizar estos grandes diámetros de EZCase™.

El siguiente es un gráfico donde se puede observar la comparación entre la construcción de un pozo convencional en la zona y la final lograda en estas primeras experiencias.

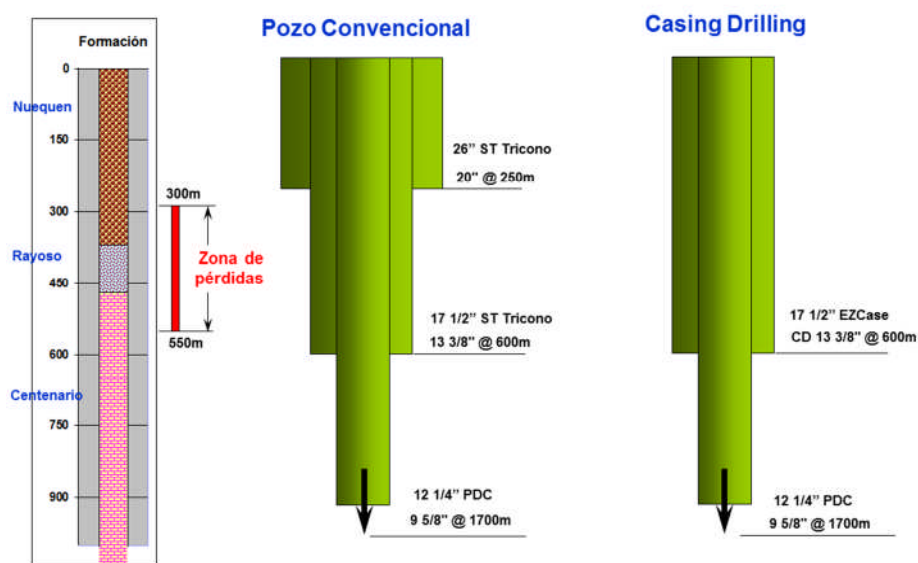


Figura 4: Comparación de la construcción de pozo convencional vs Casing Drilling

El primero de los tres pozos realizados no resultó exitoso, en el cual se utilizó un 16" EZC304 (cuatro aletas con cortadores de 8 mm). Se comenzó con la perforación normal de la sección, sin retorno de circulación como estaba previsto, pero la herramienta se quedó sin avance 220 mts antes de alcanzar la TD (profundidad final) del tramo, a partir de esta situación se decidió desentubar ya que la zona de pérdidas no había sido atravesada totalmente y no quedarían aisladas en su totalidad como era el objetivo, por lo que se volvió a realizar el pozo con su configuración convencional.

Más allá de la situación no muy grata de desentubar, fue importante recuperar el EZCase™ en superficie para evaluar los posibles patrones de desgaste y tomar las acciones correctivas necesarias sobre el diseño para asegurarnos alcanzar la TD del tramo.



Figura 5: Desgaste de EZCase™ en el Primer Pozo

Observando el resultado final del desgaste, existían dos posibles comienzos del mismo,

- Anillado de la estructura de corte comenzando en la zona del hombro y luego extendiéndose por completo sobre las aletas.
- Desgaste del calibre por el excesivo rozamiento de las aletas contra las paredes del pozo.

Con estas conclusiones se procedió a realizar varios cambios sobre el diseño de la herramienta inicial,

- Se aumentó el diámetro de la herramienta a 17 ½".
- Se cambió a un diseño de 6 aletas para aumentar la estructura de corte.
- Se colocaron cortadores de 13 mm.
- Se agregaron Ovoides en las zonas críticas de desgaste (Hombro/Gauge)
- Se agregaron compactos de TC (Carburo de Tungsteno) en el Calibre para incrementar su resistencia.
- Se agregó un estabilizador a continuación del EZCase™ para reducir el movimiento lateral del Casing y Trépano.

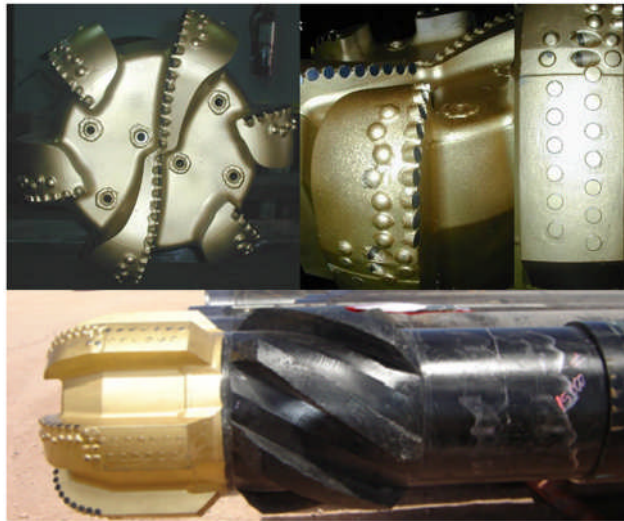


Figura 6: Nuevo diseño de EZCase™ para el segundo y tercer pozo

Con este nuevo diseño se logró realizar los siguientes dos pozos con excelentes resultados, alcanzando la TD programada e incrementando la ROP progresivamente en ambos pozos.

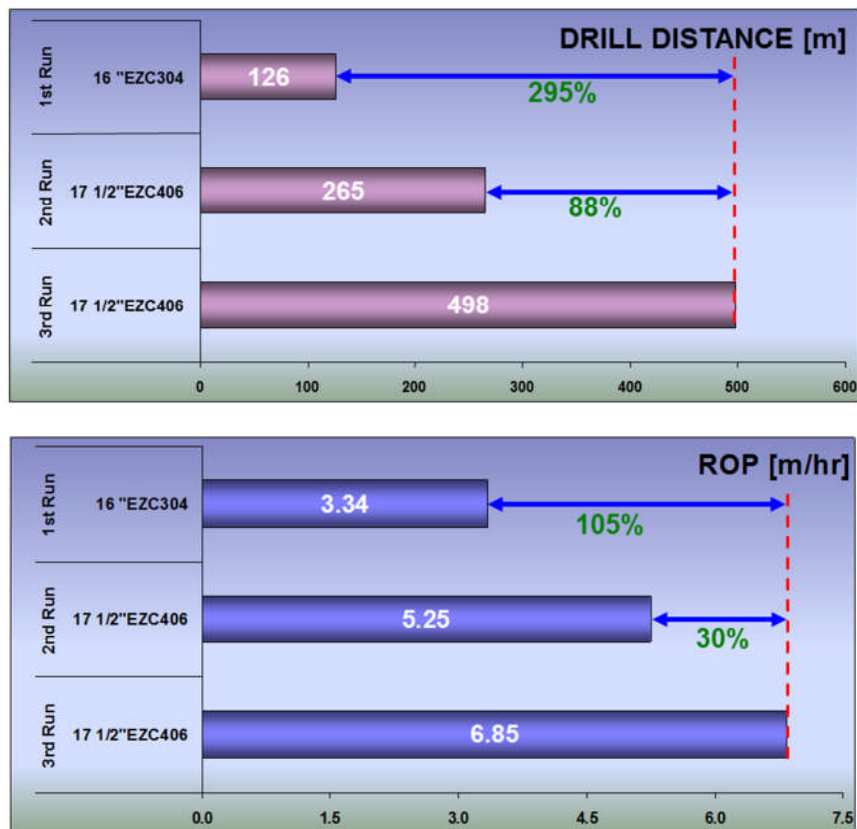


Figura 7: Comparación de las primeras experiencias de EZCase™

Las lecciones aprendidas en estas experiencias y varios de los nuevos conceptos de diseño aplicados acá, fueron tomados como base y/o punto de partida para el desarrollo esta tecnología en el país.

Experiencias Recientes en la Cuenca del Golfo San Jorge

La aplicación de la tecnología en los campos de la Cuenca San Jorge se desarrolla sobre las guías superficiales de 12 ¼" (primera sección del pozo) con el objetivo de la reducción de los tiempos operativos al perforar y entubar en simultáneo.

En esta zona nos encontramos con arenas poco consolidadas e intercalaciones de arcilla, la mayor dificultad que podemos encontrar se observa en los primeros metros del pozo donde existe la presencia de Cantos Rodados, los que varían en tamaño y cantidad dependiendo de la zona, aún dentro del mismo campo, la presencia de estos cantos rodados es una característica común en las aplicaciones que se han realizado en esta Cuenca.

En esta aplicación no existe otro problema importante en cuanto a Perforabilidad, por ejemplo, no hay presencia de pérdidas de circulación, las arcillas que se atraviesan no son altamente reactivas, no existe desmoronamiento del pozo, etc. Esta característica de la aplicación nos permite focalizarnos en la optimización del rendimiento (ROP) con la aplicación de parámetros de perforación plenos.

El siguiente cuadro es un resumen de los parámetros de perforación utilizados en los diferentes pozos perforados en esta Cuenca,

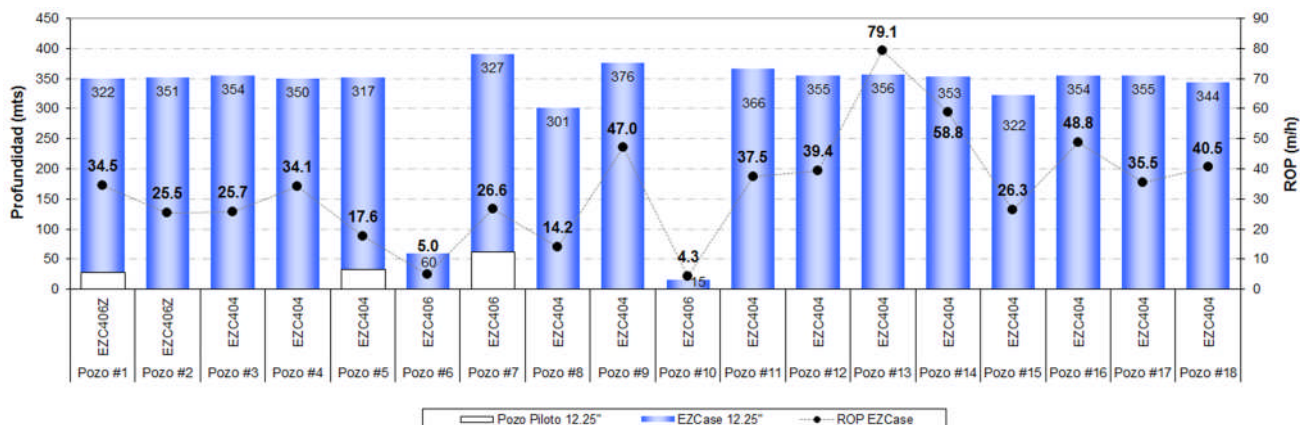
	Min	Max	Avg.
RPM	40	180	120
WOB (lbs)	2000	26000	8000
GPM	204	520	450
TQ (ft-lbs)	1100	6000	3500
MW (ppg)	8.9	9	8.95
PSI	460	1476	750

Cuadro 1: Parámetros de Perforación promedio en la Cuenca del Golfo San Jorge

Hay que resaltar la exigencia en cuanto a parámetros de perforación que se aplican en estos casos sobre el EZCase™, con el simple objetivo de maximizar la ROP para disminuir el tiempo de perforación/entubación del tramo.

En los siguientes gráficos se muestran los resultados obtenidos en los dos campos en donde se utiliza Casing Drilling, estos dos campos son muy similares en condiciones de Perforabilidad, variando únicamente la profundidad final de la sección.

Campo 1



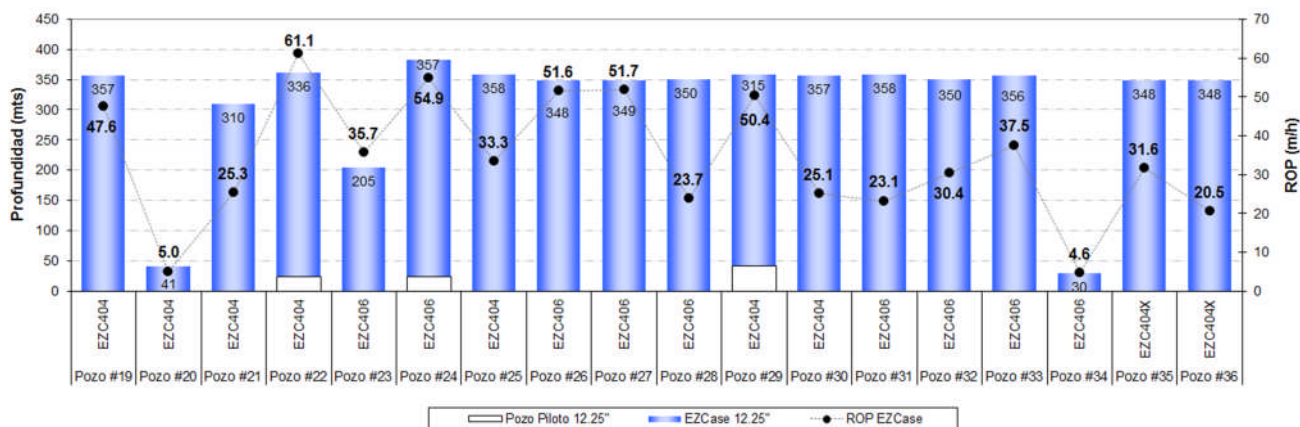


Figura 8: Comparación de rendimientos en el Campo 1 del Golfo San Jorge

El resumen de este Campo es el siguiente,

- 36 pozos perforados
- 4 carreras fallidas (desentubación)
- 11,051 mts perforados
- ROP promedio: 30.2 m/h (se alcanzó un máximo de 79.1 m/h en el pozo #13)
- TD promedio: 311 mts.

En algunos de los pozos es necesario la realización de un Pozo Piloto de 12 ¼" en forma convencional con un trépano trícorno ST (Dientes de Acero) para atravesar los cantos rodados superficiales, cuando estos son de gran tamaño y se encuentran en demasiada cantidad. Las únicas 4 carreras fallidas, en las cuales se tuvo que desentubar el pozo, se debieron a la rotura de la estructura de corte del EZCaseTM en los cantos rodados mencionados y a la merma del rendimiento posterior. Debido a esto, se torna muy importante la decisión, de acuerdo a la observación de los cantos rodados, de la realización de un pozo piloto o no.

Si bien el rendimiento promedio es muy bueno (30.2 m/h) la amplitud de valores también es importante, esto está influenciado, entre otras cosas, por el desgaste prematuro de la estructura de corte en los cantos rodados superficiales, si la herramienta sale con un desgaste excesivo desde la superficie, ya se encuentra limitado el rendimiento posterior para la culminación de la sección.

Se han utilizado los tres modelos de EZCaseTM descriptos en el comienzo,

- 14 carreras del EZC406 con una ROP promedio de 28.1 m/h.
- 2 carreras del EZC404X con una ROP promedio de 24.8 m/h.
- 20 carreras del EZC404 con una ROP promedio de 32.4 m/h

Como se explicó anteriormente, estos rendimientos están influenciados por los cantos rodados superficiales, pero más allá de esto, como era de esperar en aplicaciones poco demandantes, la herramienta que alcanza el mejor rendimiento es el EZC404 (4 aletas con cortadores de 13mm), ya que en comparación, esta herramienta posee el mayor área de desalojo para los recortes (JSA) y el menor área de diamante. También vale la pena mencionar que los dos picos de rendimiento se alcanzaron también con esta herramienta, 79.1 m/h en el pozo #13 y 61.1 m/h en el pozo #22.

Campo 2

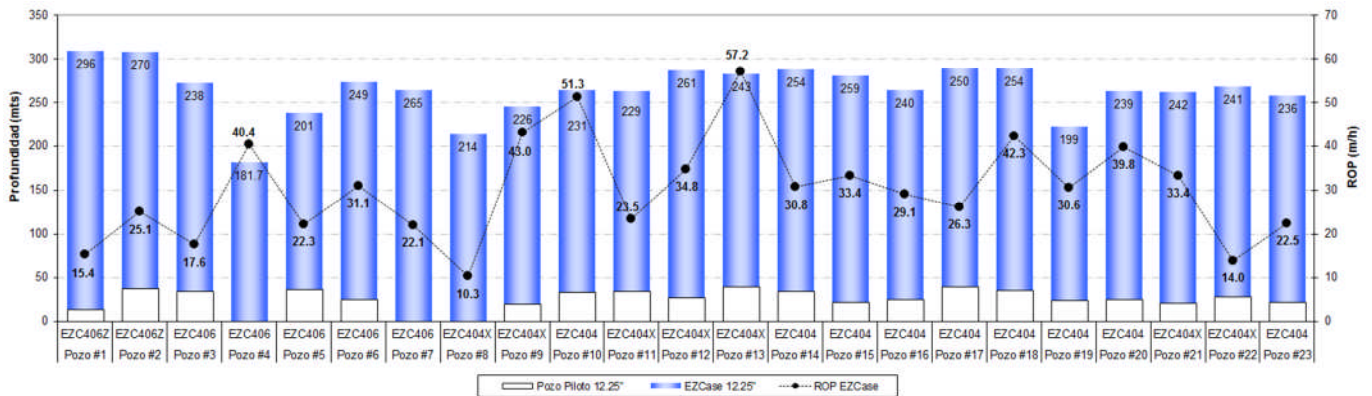


Figura 9: Comparación de rendimientos en el Campo 2 del Golfo San Jorge

El resumen del campo es el siguiente,

- 23 pozos perforados
- 0 carreras fallidas (desentubación)
- 5,519 mts perforados
- ROP promedio: 25.5 m/h (se alcanzó un máximo de 57.2 m/h en el pozo #13)
- TD promedio: 265 mts.

En este campo, en la mayoría de los pozos es necesario la realización de un Pozo Piloto ya que los cantos rodados son normalmente de gran tamaño y se encuentra en bastante cantidad. Gracias a esta práctica, no se han registrado carreras fallidas con la necesidad de desentubar el pozo. También hay que tener en cuenta que la profundidad final de la sección es menor en comparación con el Campo 1 y la Perforabilidad sigue siendo poco demandante.

Se han utilizado los tres modelos de EZCase™ descritos en el comienzo,

- 7 carreras del EZC406 con una ROP promedio de 22.1 m/h.
- 7 carreras del EZC404X con una ROP promedio de 23 m/h.
- 9 carreras del EZC404 con una ROP promedio de 32.1 m/h

Igual que en el Campo 1, de los tres modelos de EZCase™ utilizados, el de mejor rendimiento es el EZC404 (4 aletas con cortadores de 13mm).

Pero en este caso el pico de rendimiento se alcanzó con el EZC404X (4 aletas con cortadores principales y de respaldo de 13mm) con 57.2 m/h. Tengamos presente que el área de desalojo de esta herramienta es igual al área de desalojo del EZC404. El segundo pico de rendimiento, sí se alcanzó con el EZC404 con 51.3 m/h.

Experiencias Recientes en la Cuenca Neuquina

La aplicación de la tecnología en Cuenca Neuquina está focalizada principalmente en dos campos, uno al Oeste de la Cuenca y el otro en el Centro de la misma. Si bien en ambos casos, se entuba Casing de 9 5/8" y se perfora con EZCase™ de 12 1/4", las aplicaciones y las secciones de pozo son diferentes, por lo tanto, trataremos ambas aplicaciones por separado.

Aplicaciones al Oeste de la Cuenca Neuquina

La tecnología se desarrolla sobre la Guías superficiales de 12 ¼" (primera sección del pozo), en este caso, no solo con el objetivo de la reducción de los tiempos operativos al perforar y entubar en simultáneo, sino también al manejo de pérdidas de circulación parciales y/o totales que incrementan los tiempos de perforación convencionales (maniobras de calibre, bombeo de baches obturantes, etc) que son completamente eliminadas con Casing Drilling.

Como todas las secciones superficiales, nos encontramos con arenas no consolidadas y paquetes arcillosos de mediana reactividad, que pueden generar algunos problemas por la tendencia al embolamiento sobre el EZCaseTM. En toda esta zona Oeste de la Cuenca donde se ha utilizado la tecnología, existe la presencia de Roca Ígnea superficial, por lo tanto es necesario en todos los pozos realizar Pozos Pilotos con trépanos TCI (Triconos de Insertos) hasta asegurar atravesar todo este tipo de roca dura que puede ser muy perjudicial a la estructura de corte del EZCaseTM.

En este caso, los parámetros de perforación aplicados sobre el EZCaseTM dependerán o estarán limitados al manejo y el tipo de pérdida de circulación que tengamos, aunque siempre se busca maximizarlos para maximizar el rendimiento (ROP).

El siguiente cuadro es un resumen de los parámetros de perforación utilizados en los diferentes pozos perforados en esta zona,

	Min	Max	Avg.
RPM	40	160	100
WOB (lbs)	3000	22000	11000
GPM	200	460	300
TQ (ft-lbs)	7000	18000	13000
MW (ppg)	8.3	9	8.5
PSI	0	850	350

Cuadro 2: Parámetros de Perforación promedio en el Oeste de la Cuenca Neuquina

En algunos pozos y/o momentos en particular se ha podido exigir la herramienta en cuanto a parámetros de perforación pero normalmente, estos están muy influenciados por las pérdidas de circulación y queda evidenciado en los promedios de parámetros, en donde los valores de caudal/presión son bajos para una aplicación normal. Es importante resaltar, que en algunos casos se aplicó un caudal mínimo (200 gpm) debido al manejo de las pérdidas de circulación y no se han encontrado problemas de embolamiento de la herramienta y/o limpieza de pozo, esto último es así ya que el diámetro anular en estas aplicaciones es menor que en aplicaciones convencionales, por lo tanto con caudales menores se alcanzan velocidades ascensionales del lodo mayores.

En los siguientes gráficos se muestran los resultados obtenidos en este campo con la utilización de Casing Drilling,



Figura 10: Comparación de rendimientos en el Oeste de la Cuenca Neuquina

El resumen del campo es el siguiente,

- 34 pozos perforados
- 1 carrera fallida (desentubación)
- 18,500 mts perforados
- ROP promedio: 26.5 m/h (se alcanzó un máximo de 47.9 m/h en el pozo #7)
- TD promedio: 635 mts.

Como se dijo anteriormente, y se puede observar en los gráficos, en todos los pozos se realiza un Pozo Piloto para atravesar la roca ígnea superficial. En la única carrera fallida, se encontró otra intercalación de roca ígnea sobre el final de la sección, el EZCase™ no pudo perforar la misma, por lo que no se alcanzó la TD programada y se tuvo que desentubar el pozo, el mismo se terminó de perforar en forma convencional con un trépano TCI.

En este campo se encuentra la carrera más larga de EZCase™ del país (Pozo #21) con 647 mts perforados.

En estas aplicaciones se han utilizado los tres modelos descritos anteriormente y uno adicional, el EZC504 (4 aletas con cortadores de 16mm),

- 24 carreras del EZC406 con una ROP promedio de 25.9 m/h.
- 5 carreras del EZC404X con una ROP promedio de 24.8 m/h.
- 3 carreras del EZC404 con una ROP promedio de 28.3 m/h.
- 2 carreras del EZC504 con una ROP promedio de 38.9 m/h.

Claramente, se alcanza el mejor promedio de rendimiento con los dos últimos modelos de herramienta, y el mejor de ellos es el EZC504, herramienta de 4 aletas con cortadores de 16mm (únicas dos experiencias de la herramienta en Argentina). El pico máximo de rendimiento es también alcanzado por esta herramienta en el pozo #7 con 47.9 m/h, aunque hay que aclarar que este pozo es el de menor TD (420 mts). El segundo pico de rendimiento es alzando por el EZC406 en dos pozos con 38.6 m/h.

Aplicaciones en el Centro de la Cuenca Neuquina

El desarrollo de Casing Drilling en esta zona se realiza sobre la sección intermedia de 12 ¼” que se entuba con Casing de 9 5/8”, previa realización de una Guía de 17 ½” que se entuba con Casing 13 3/8”. Esta aplicación es muy similar a las primeras tres experiencias de la tecnología explicada anteriormente, aunque las pérdidas severas de circulación son encontradas en profundidades mayores. Recapitulando la aplicación, es una zona de muy severas pérdidas de circulación que no pueden ser obturadas, por lo que se tiene que convivir con la perforación sin retorno de circulación, esta situación se agrava con la presencia de intercalaciones de arcillas reactivas, por lo que es común la tendencia al embolamiento y los cerramientos de pozo. Esta situación hace que la perforación en esta zona, de manera convencional (sin Casing Drilling), sea demasiado riesgosa y existen experiencias de pozos abandonados por problemas operativos.

Sumando al problema descripto, la perforación es la más demandante de las vistas anteriormente, se atraviesan paquetes de arenas semi-consolidadas, arenas conglomerádicas y las de arcillas reactivas.

Por estas situaciones, es que en la sección intermedia se realiza una primer carrera con una herramienta bicéntrica hasta metros antes de alcanzar la pérdida de circulación, para luego bajar el Sistema de Casing Drilling para perforar los últimos metros del tramo. Teniendo en cuenta los cerramientos de pozo, la herramienta bicéntrica es utilizada para ensanchar antes de alcanzar la pérdida y permitir una maniobra libre de bajada del Casing Drilling.

En esta aplicación, los parámetros de perforación están sumamente limitados por el tipo de pozo descripto. El principal objetivo es alcanzar la TD del tramo, atravesando la zona de pérdida de circulación, antes que alcanzar un rendimiento máximo.

El siguiente cuadro es un resumen de los parámetros de perforación utilizados en los diferentes pozos perforados en esta zona,

	Min	Max	Avg.
RPM	20	130	70
WOB (lbs)	3000	30000	12600
GPM	200	450	300
TQ (ft-lbs)	9000	22000	16300
MW (ppg)	8.3	8.5	8.4
PSI	0	560	160

Cuadro 3: Parámetros de Perforación promedio en el Centro de la Cuenca Neuquina

Se observa claramente, la limitación en cuanto a parámetros de perforación aplicados por los problemas de pozo. La mayor parte de la perforación con Casing Drilling se realiza sin retorno, por lo que generalmente se trabaja con caudales bajos (mínimo 200 gpm) y la presión en superficie es cero.

La TD de este tramo intermedio, son las más profundas alcanzadas con EZCase™ y esto se evidencia con los mayores valores de torque observados en comparación con el resto de las experiencias en el país.

En el siguiente gráfico se muestran los resultados obtenidos en este campo con la utilización de Casing Drilling,

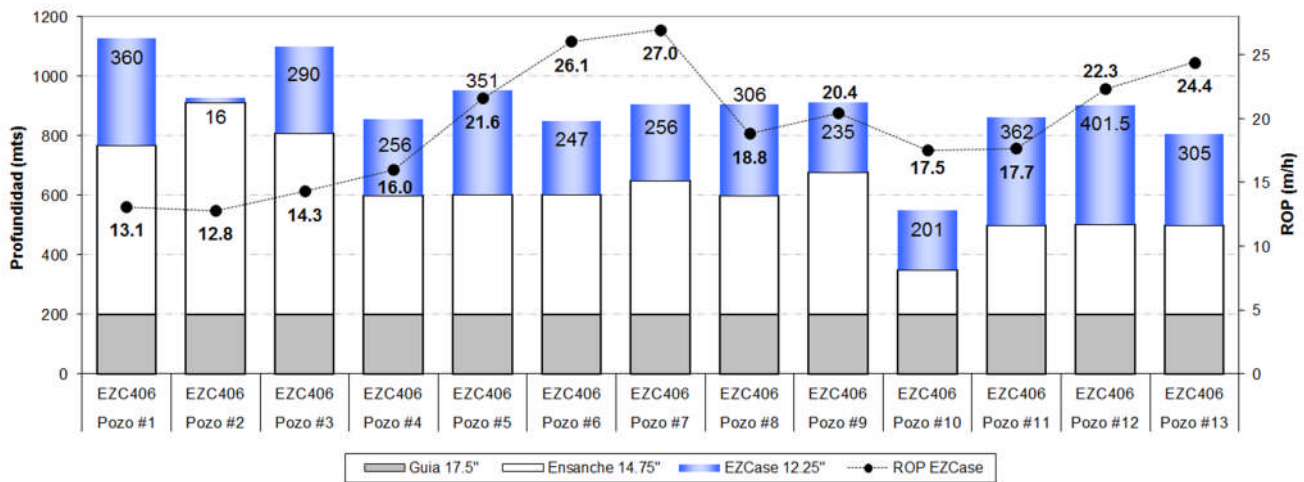


Figura 11: Comparación de rendimientos en el Centro de la Cuenca Neuquina

El resumen del campo es el siguiente,

- 13 pozos perforados
- 0 carreras fallidas (desentubación)
- 3,587 mts perforados
- ROP promedio: 18.8 m/h (se alcanzó un máximo de 27 m/h en el pozo #8)
- TD promedio: 897 mts.

Aunque en ningún pozo se llegó a desentubar, en cuatro de ellos no se alcanzó la profundidad final deseada por diferentes motivos aparentes, ya que ninguna herramienta fue recuperada en superficie como para evaluar algún patrón de desgaste. En algunos casos, se presupone que el EZCase™ se quedó sin estructura de corte y en otros que se emboló, todo esto ocurre sobre el final de la carrera donde también nos encontramos con los mayores picos de torque por lo que los síntomas de los problemas que ocasionaron el corte de la carrera están confusos o enmascarados.

En este campo tenemos la mayor profundidad alcanzada por un EZCase™ en el país, 1128 mts en el pozo #1.

En esta aplicación, por ser la más demandante, solamente se ha utilizado el modelo con mayor área de diamante disponible o más "Pesado", el EZC406 (6 aletas con cortadores de 13mm).

Cementación de Guías de la Cuenca del Golfo San Jorge

Diseño de la Lechada Cementadora

La principal preocupación fue la deshidratación de la lechada al pasar por las boquillas del EZC™ y provocar un fragüe prematuro, con el riesgo de abortar la operación sin poder desplazar el cemento hacia el anular.

Propiedades que se tuvieron en cuenta para el diseño:

- Agua Libre: Cero.
- Filtrado: Controlado entre 50 y 100cm³/30min.
- Reología baja, para obtener fluidez.
- 500psi de resistencia a las 8hrs, exigido por operadora.

TABLA COMPARATIVA LECHADAS UTILIZADAS				
Ensayo #	9	12	13	14
Cto	A	G	G	A
Bonding	-	0.40%	-	-
Dispersant	-	0.60%	-	-
Accelerator	2.0%	-	3.5%	2.50%
Fluid L Ctrl/ Dispersant	4%	-	-	-
Antifoam	0.2%	0.2%	0.2%	0.2%
Relacion A/C	0.44	0.44	0.46	0.44
Densidad (ppg)	1.915	1.91	1.887	1.91
Rendimiento	38.23	38.37	39.61	38.35
RESULTADOS				
Agua Libre, mls	0	0	0	0
Filtrado cc/30min	49	118	N/A	558

Cuadro 4: Comparativa de las lechadas utilizadas

Ensayo #	9	12	13	14
Reología, T(°C)	27	27	27	27
@ 300 rpm	78	67	95	118
@ 200 rpm	55.5	45.5	81	103.5
@ 100 rpm	48.5	24	65.5	85.5
@ 60 rpm	40.5	14.5	59	77
@ 30 rpm	17.5	9	52	67
@ 6 rpm	11.2	2.1	23.9	27.3
@ 3 rpm	8.3	1.4	19	18.5
Gel 10 seg	4.2	1.7	9.1	11.5
Gel 10 min	7.3	8.5	11.7	15.2
T. espesamiento	167	155	218	154

Cuadro 5: Reología de las lechadas utilizadas

Las lechadas utilizadas en campaña realizada en el año 2010 fueron las siguientes,

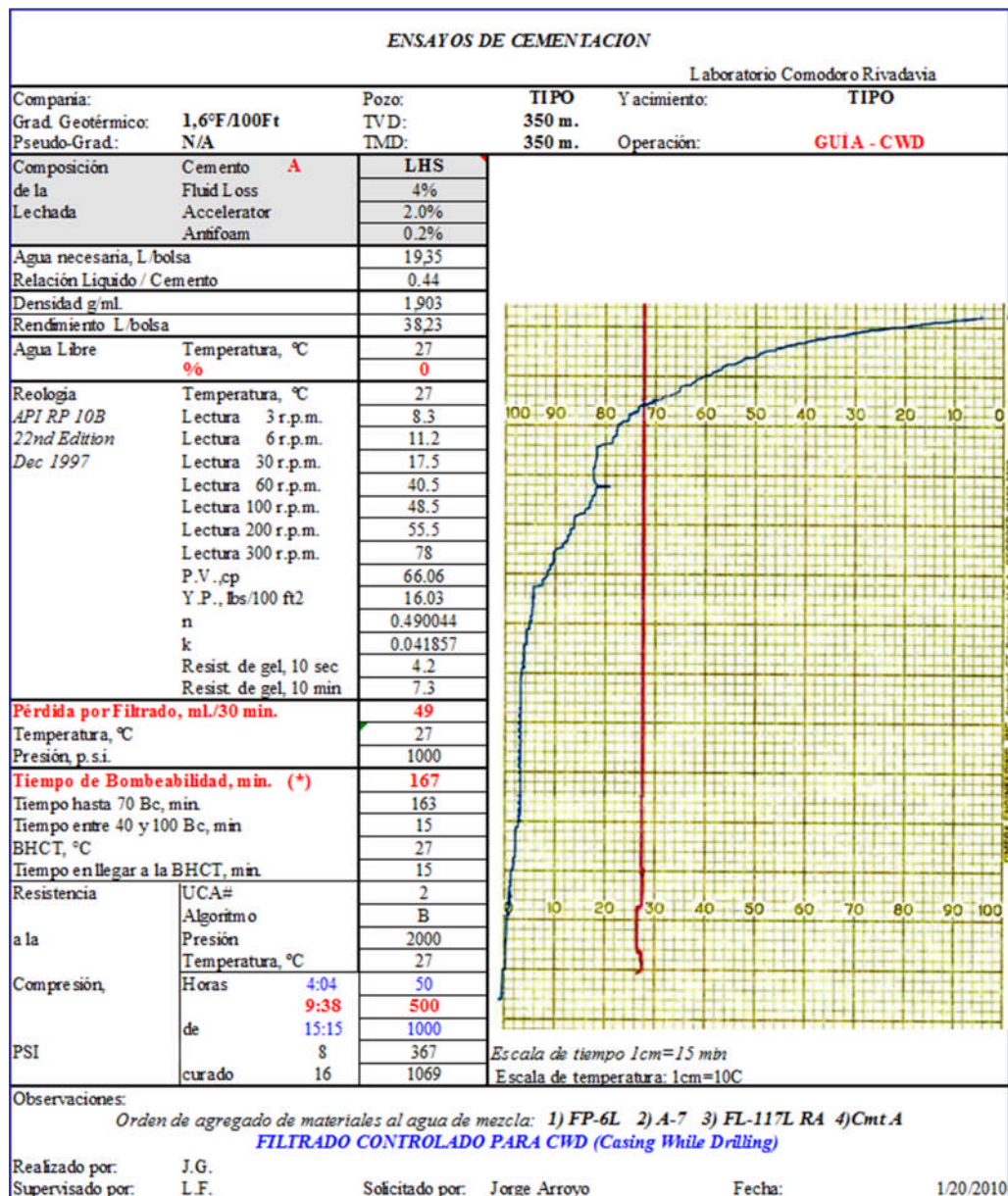


Figura 12: Lechada utilizada en la campaña 2010 – Cemento tipo A

ENSAYOS DE CEMENTACION				
Laboratorio Comodoro Rivadavia				
Compañía:		Pozo:	TIPO	Yacimiento: TIPO
Grad. Geotérmico: 1,6°F/100Ft		TVD:	350 m.	
Pseudo-Grad.: N/A		TMD:	350 m.	Operación: GUIA - CWD
Composición de la Lechada	Cemento	G	LHS	
	Bonding Ad	(PHY)	0.4%	
	Dispersant	(PHY)	0.6%	
	Accelerator	(PHY)	1.0%	
	Antifoam		0.2%	
Agua necesaria, L/bolsa		21,90		
Relación Líquido / Cemento		0.44		
Densidad g/ml.		1,903		
Rendimiento L/bolsa		38,37		
Agua Libre		Temperatura, °C	27	
		%	0	
Reología		Temperatura, °C	27	
API RP 10B		Lectura 3 r.p.m.	1.4	
22nd Edition		Lectura 6 r.p.m.	2.1	
Dec 1997		Lectura 30 r.p.m.	9.0	
		Lectura 60 r.p.m.	14.5	
		Lectura 100 r.p.m.	24.0	
		Lectura 200 r.p.m.	45.5	
		Lectura 300 r.p.m.	67	
		P.V.,cp	65.85	
		Y.P., lbs/100 ft2	1.50	
		n	0.847086	
		k	0.00351436	
		Resist. de gel, 10 sec	1.7	
		Resist. de gel, 10 min	8.5	
Pérdida por Filtrado, ml./30 min.		118		
Temperatura, °C		27		
Presión, p.s.i.		1000		
Tiempo de Bombeabilidad, min.		155		
Tiempo hasta 70 Bc, min.		131		
Tiempo entre 40 y 100 Bc, min		52		
BHCT, °C		27		
Tiempo en llegar a la BHCT, min.		15		
Resistencia a la	UCA#	1		
	Algoritmo	B		
	Presión	3000		
	Temperatura, °C	27		
Compresión,	Horas	4:53	50	
		9:27	500	
PSI	de	8	311	
		12	825	
	curado	24	1943	
Observaciones: Orden de agregado de materiales al agua de mezcla: 1) FP-6L 2) A-7 3) BA-10 4) CD-32 5) Cmt G FILTRADO CONTROLADO PARA CWD (Casing While Drilling) Realizado por: J.G Supervisado por: L.F Solicitado por: Juan Sanguedolce Fecha: 5/5/2010				

Figura 13: Lechada utilizada en la campaña 2010 – Cemento tipo G

El siguiente cuadro es un resumen de las operaciones en la campaña 2010 en la Cuenca del Golfo San Jorge,

Fecha	Pozo	Zpto[m]	Boquillas		Pi Prog	Pi Real	Pf Prog	Pf Real	Vol Lechada		D Pozo [Pulg]	D Calc
			Cant x Di	D Eq [pulg]					Bbls	Bolsas		
27/2/2010	Tipo-1	345.33	6 x 14/32"	1.0716	40	120	420	560	72.1	300	12.80	12.6
10/3/2010	Tipo-2	347.50	6 x 14/32"	1.0716	40	135	450	520	84.2	350	12.80	13.0
21/3/2010	Tipo-3	357.40	6 x 12/32"	0.9185	40	45	470	495	81.7	340	12.80	12.8
13/3/2010	Tipo-4	297.14	6 x 12/32"	0.9185	40	230	410	550	62.5	260	12.25	12.6
21/3/2010	Tipo-5	308.26	6 x 14/32"	1.0716	40	120	470	470	28.9	120	11	11
24/7/2010	Tipo-6	270.26	6 x 14/32"	1.0716	40	120	430	450	56.7	235	12.25	12.6

Luego de las operaciones y con experiencia ganada nos ubicamos en la zona 2 de aprendizaje. Donde se ingresa a un mejoramiento continuo.

A continuación se pueden observar las cartas operativas de una operación convencional y una operación con Casing Drilling,

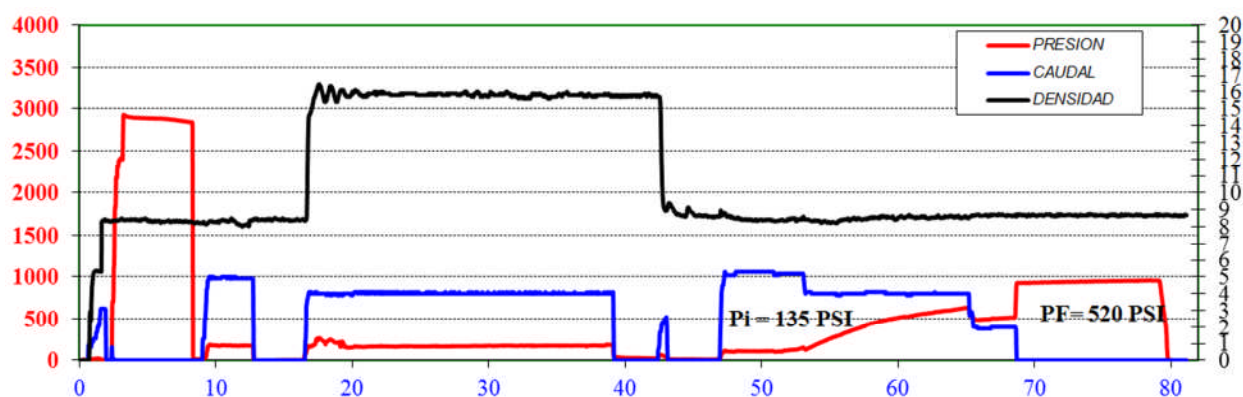


Figura 14: Carta Operativa con Casing Drilling en la Campaña 2010

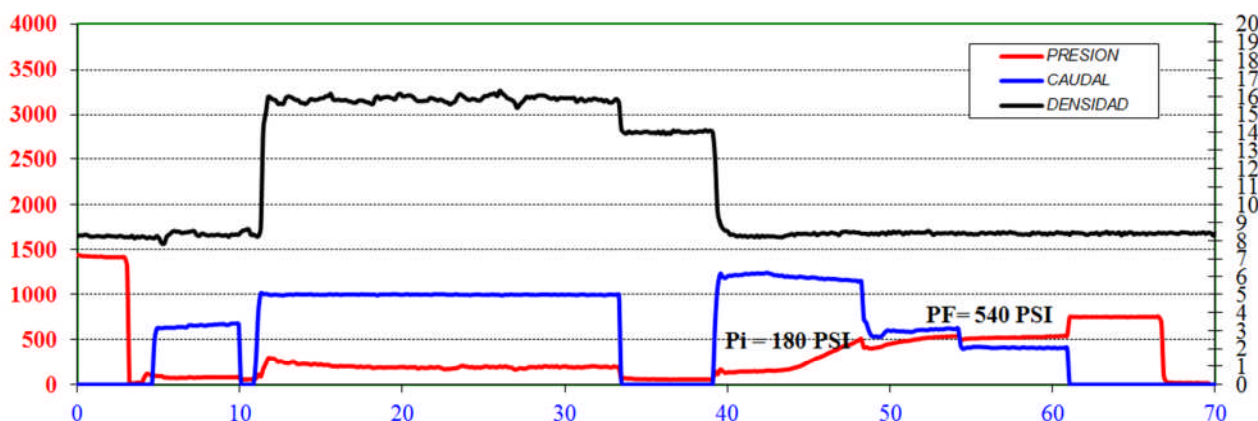


Figura 15: Carta Operativa en pozos convencionales en la Campaña 2010

Las lechadas utilizadas en campaña realizada en el año 2011/2012 fueron las siguientes,

ENSAYOS DE CEMENTACION			
Laboratorio Comodoro Rivadavia			
Compañía:	Pozo:	TIPO	Yacimiento:
Grad. Geotérmico: 1,6°F/100Ft	TVD:	350 m.	TIPO
Pseudo-Grad.: N/A	TMD:	350 m.	Operación: GUIA 9 5/8" - CWD
Composición de la lechada			
Lot Nr:	Cemento G	CRV-SILO3	
M2495256	A-7 (PHY)	3.5%	
OH-9611107	FP-6L	0.2%	
Agua necesaria, L/bolsa		22,90	
Relación Líquido / Cemento		0.46	
Densidad g/ml.		1,887	
Rendimiento L/bolsa		39,61	
Agua Libre	Temperatura, °C	27	
	%	0	
Reología API RP 10B-2 1st Edition July 2005	Temperatura, °C	27	
	Lectura 3 r.p.m.	19.0	
	Lectura 6 r.p.m.	23.9	
	Lectura 30 r.p.m.	52.0	
	Lectura 60 r.p.m.	59.0	
	Lectura 100 r.p.m.	65.5	
	Lectura 200 r.p.m.	81.0	
	Lectura 300 r.p.m.	95	
	P.V., cp	68.40	
	Y.P., lbs/100 ft ²	35.87	
	n	0.348214	
	k	0.136693	
	Resist. de gel, 10 sec	9.1	
	Resist. de gel, 10 min	11.7	
Pérdida por Filtrado, ml./30 min.		N/A	
Temperatura, °C		27	
Presión, p.s.i.		1000	
Tiempo de Bombeabilidad, min.		218	
BHCT, °C		27	
Tiempo en llegar a la BHCT, min.		22	
Resistencia a la Compresión, PSI	Ensayo sónico no destructivo		
	Algoritmo	B	
	Presión	2000	
	Temperatura, °C	27	
	Horas	2:20	50
de curado		7:34	500
	6		376
	8		529
	12		825
	16		1106
Obs: Escala de tiempo 1cm=12 min			
Observaciones:			
Realizado por: Eliana Martínez			
Supervisado por: Luis Finelli		Solicitado por: Pablo Navarro	Fecha: 6/29/2011

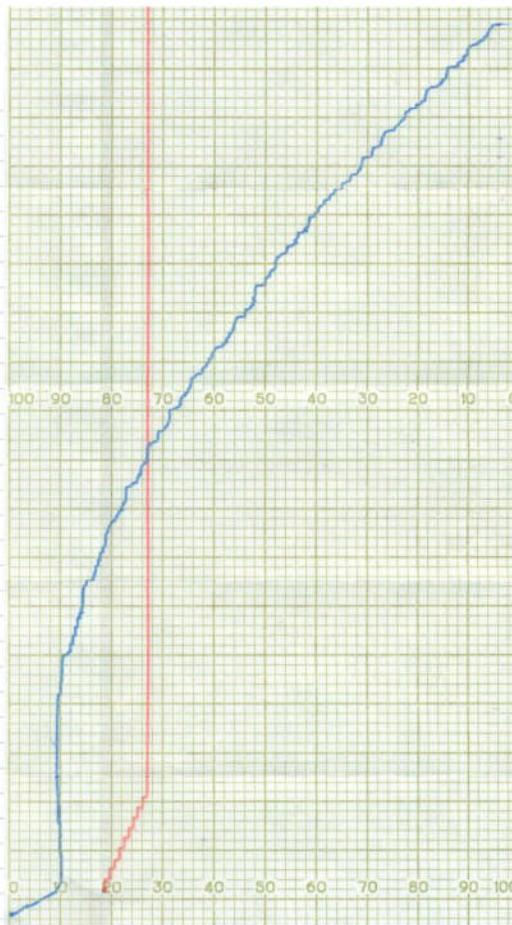


Figura 14: Lechada utilizada en la campaña 2011/2012 – Cemento tipo G

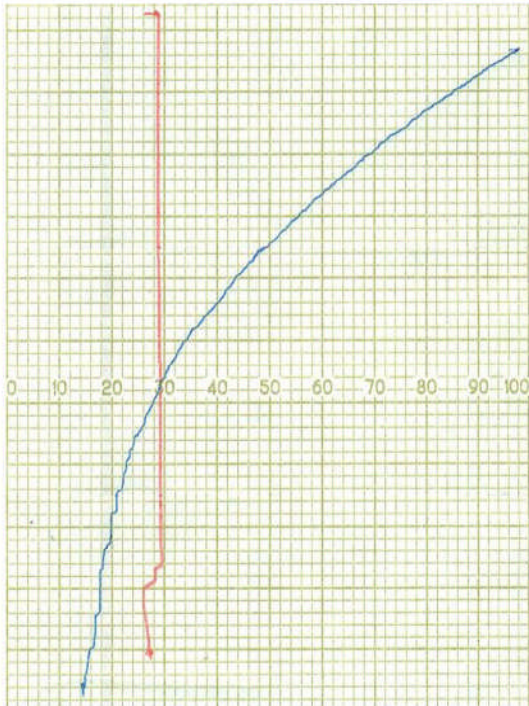
ENSAYOS DE CEMENTACION					Laboratorio Comodoro Rivadavia	
Compañía:		Pozo:	TIPO	Yacimiento:	TIPO	
Grad. Geotérmico: 1,6°F/100Ft		TVD:	350 m.			
Pseudo-Grad.: N/A		TMD:	350 m.	Operación:	GUIA 9 5/8" - CWD	
Composición de la lechada						
Lot Nr:	Cemento A	LHS				
#022557	Accelerator	2.5%				
	Antifoam	0.2%				
Agua necesaria, L/bolsa		21.90				
Relación Líquido / Cemento		0.44				
Densidad g/ml.		1.910				
Rendimiento L/bolsa		38.35				
Agua Libre	Temperatura, °C	27				
	%	0				
Reología	Temperatura, °C	27				
API RP 10B-2	Lectura 3 r.p.m.	18.5				
1st Edition	Lectura 6 r.p.m.	27.3				
July 2005	Lectura 30 r.p.m.	67.0				
	Lectura 60 r.p.m.	77.0				
	Lectura 100 r.p.m.	85.5				
	Lectura 200 r.p.m.	103.5				
	Lectura 300 r.p.m.	118				
	P.V.,cp	87.73				
	Y.P., lbs/100 ft2	44.44				
	n	0.397779				
	k	0.133597				
	Resist. de gel 10 sec, G	11.5				
	Resist. de gel 10 min, G	15.2				
Pérdida por Filtrado, ml/30 min.		n/a				
Temperatura, °C		27				
Presión, p.s.i.		1000				
Tiempo de Bombeabilidad, min.		154				
BHCT, °C		27				
Tiempo en llegar a la BHCT, min.		11				
Resistencia	UCA#	1				
	Algoritmo	B				
	Presión	1500				
a la	Temperatura, °C	27				
	Horas	2:46				
		6:36				
Compresión,		50				
		500				
	de	8				
PSI		681				
		12				
		1125				
	Curado	24				
Observaciones:						
Realizado por: José Guerrero						
Supervisado por:						
Solicitado por: Mauricio Corbato			Fecha: 10/19/2011			

Figura 15: Lechada utilizada en la campaña 2011/2012 – Cemento tipo A

El siguiente cuadro es un resumen de las operaciones en la campaña 2011/2012 en la Cuenca del Golfo San Jorge,

Fecha	Pozo	Zpto[m]	Boquillas		Pf Prog	Pf Real	Vol Lechada		D Pozo [Pulg]
			Cant x Di	D Eq [pulg]			Bbbs	Bolsas	
21/01/2011	Tipo-7	178.80	6 x 12/32"	0.9186	300	305	27.3	110	12.00
17/02/2011	Tipo-8	235.06	6 x 12/32"	0.9186	390	270	58.4	235	12.25
18/02/2011	Tipo-9	260.48	6 x 12/32"	0.9186	430	420	50.9	205	12.25
26/02/2011	Tipo-10	269.29	6 x 12/32"	0.9186	430	400	50.9	205	12.25
7/3/2011	Tipo-11	209.30	6 x 12/32"	0.9186	360	350	50.9	205	12.25
12/3/2011	Tipo-12	243.30	6 x 12/32"	0.9186	390	370	22.3	90	11.00
3/17/2011	Tipo-13	262.00	6 x 12/32"	0.9186	430	450	50.9	205	12.25
3/28/2011	Tipo-14	260.15	6 x 12/32"	0.9186	430	400	50.9	205	12.25
1/7/2011	Tipo-15	258.51	6 x 14/32"	1.0717	470	400	43.6	175	12.00
7/16/2011	Tipo-16	285.00	6 x 12/32"	0.9186	450	390	54.8	220	12.25
7/23/2011	Tipo-17	283.96	6 x 12/32"	0.9186	450	390	37.4	150	11.50
28/07/2011	Tipo-18	277.70	6 x 12/32"	0.9186	440	360	56.1	225	12.25
8/7/2011	Tipo-19	219.30	6 x 12/32"	0.9186	347	420	49.8	200	12.25
8/9/2011	Tipo-20	286.55	6 x 12/32"	0.9186	373	470	57	230	12.25
8/18/2011	Tipo-21	260.80	6 x 12/32"	0.9186	315	450	51.1	205	12.25
8/22/2011	Tipo-22	286.08	6 x 12/32"	0.9186	340	370	40	160	12.25
9/13/2011	Tipo-23	262.43	6 x 12/32"	0.9186	320	300	62	250	12.25
10/2/2011	Tipo-24	355.60	6 x 12/32"	0.9186	430	550	71.5	287	12.25
10/18/2011	Tipo-25	355.93	6 x 12/32"	0.9186	460	590	74.7	300	12.25
10/24/2011	Tipo-26	260.00	6 x 12/32"	0.9186	320	250	42	170	12.25
11/2/2011	Tipo-27	347.50	6 x 12/32"	0.9186	440	690	70	290	12.25
11/16/2011	Tipo-28	348.00	6 x 12/32"	0.9186	440	490	71	295	12.25
11/15/2011	Tipo-29	136.93	6 x 12/32"	0.9186	170	330	41	170	12.25
12/22/2011	Tipo-30	256.00	6 x 12/32"	0.9186	330	410	51	210	12.25
1/15/2012	Tipo-31	297.80	8 x 12/32"	1.0607	330	550	58	240	12.25
1/20/2012	Tipo-32	232.00	8 x 12/32"	1.0607	330	450	48	200	12.00
2/5/2012	Tipo-33	262.58	8 x 12/32"	1.0607	330	420	46	190	12.00
2/24/2012	Tipo-34	274.30	8 x 12/32"	1.0607	335	390	48	200	12.00
3/12/2012	Tipo-35	255.40	8 x 12/32"	1.0607	310	320	43	180	12.00
3/17/2012	Tipo-36	209.70	8 x 12/32"	1.0607	240	230	53	220	12.00

A continuación se pueden observar las cartas operativas de una operación convencional y una operación con Casing Drilling,

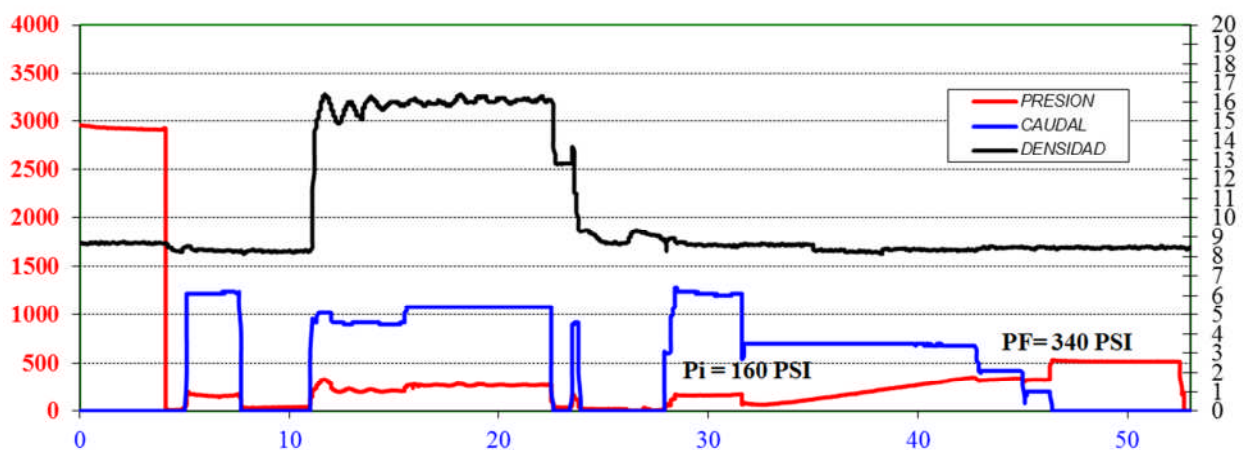


Figura 16: Carta Operativa con Casing Drilling en la Campaña 2011/2012

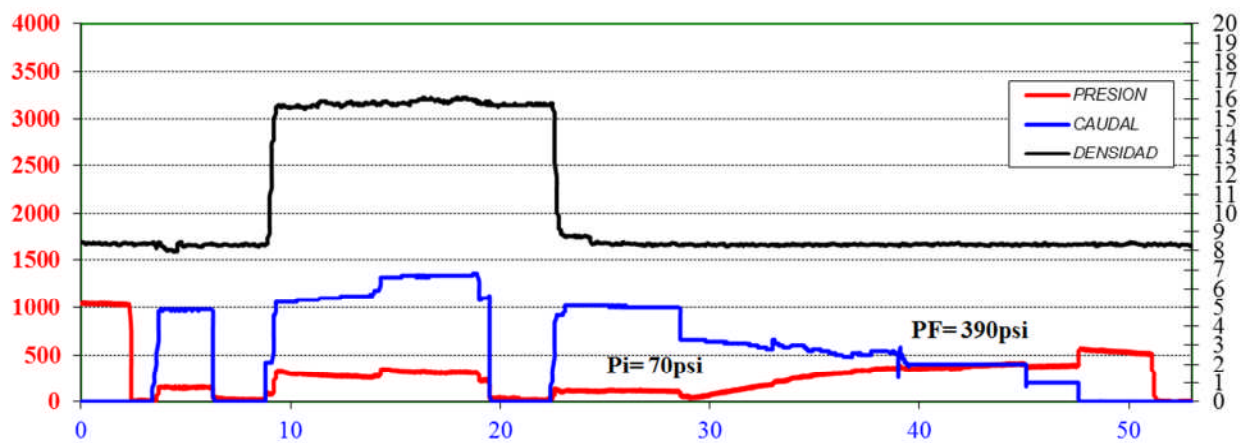
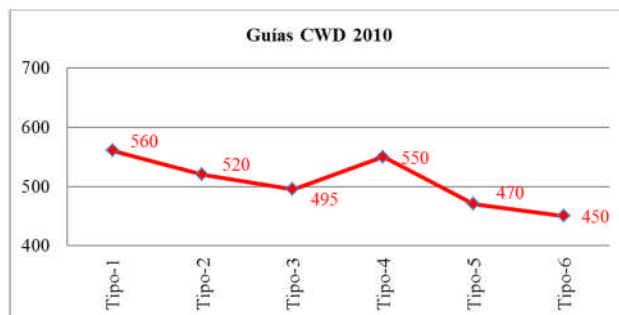
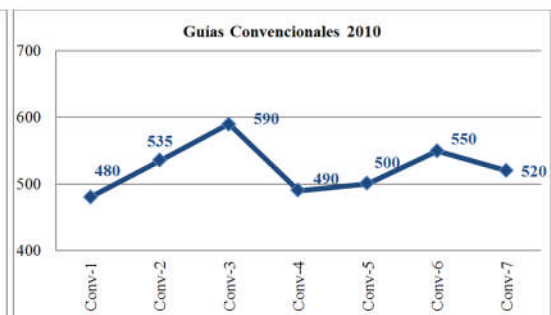


Figura 17: Carta Operativa en pozos convencionales en la Campaña 2011/2012

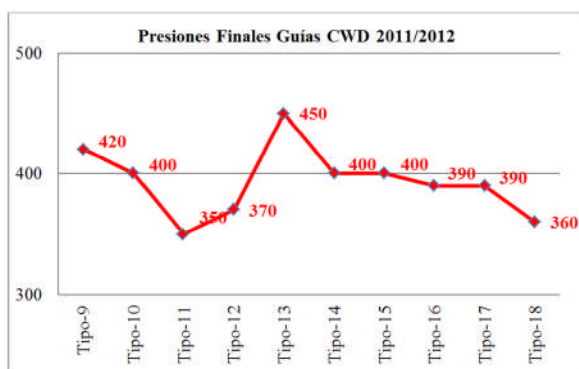
Análisis de presiones finales,



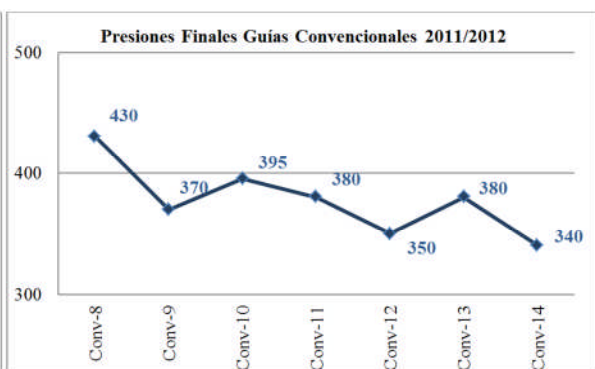
Presión Final Promedio 510psi



Presión Final Promedio 520 psi



Presión Final Promedio 390psi



Presión Final Promedio 380 psi

Figura 18: Presiones Finales

Evolución económica de la lechada,

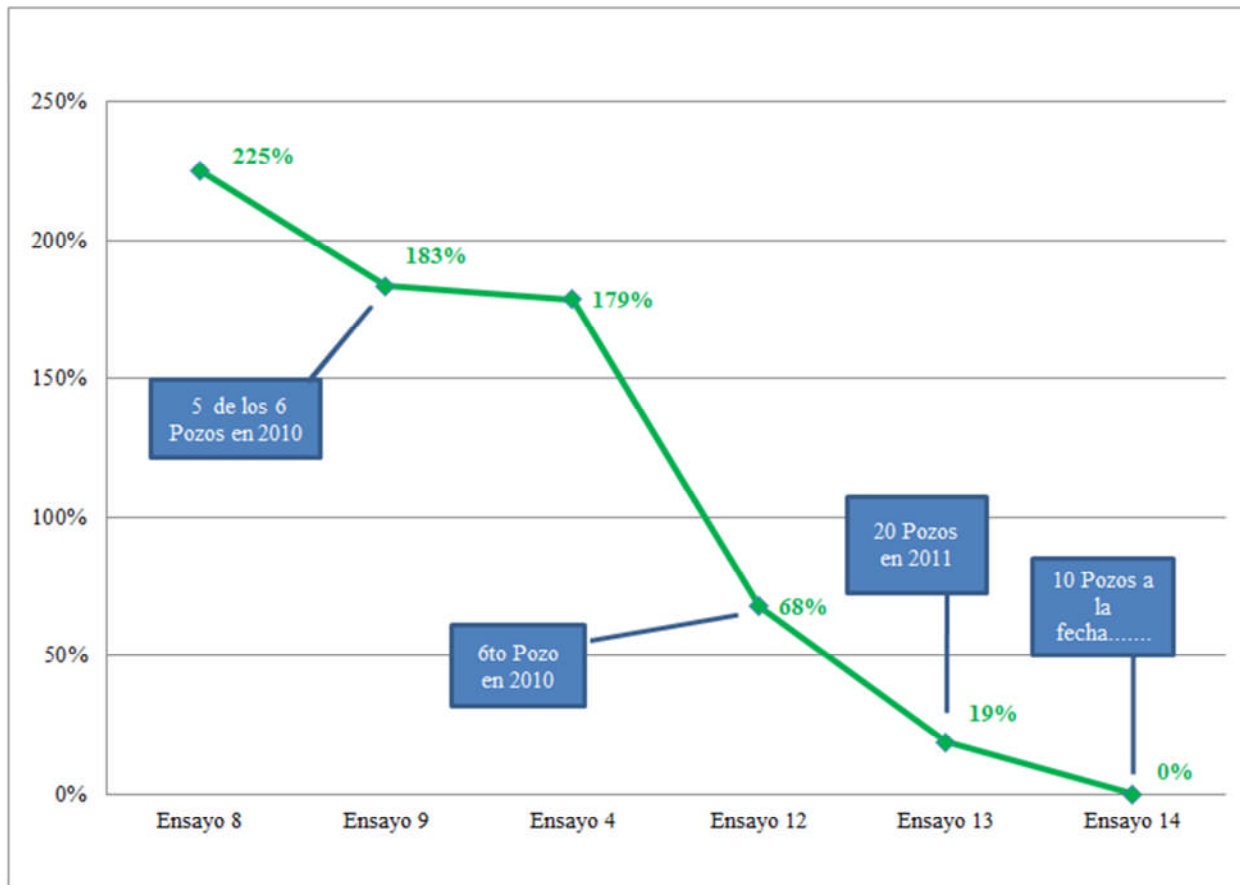


Figura 19: Evolución Económica de las Lechadas

Conclusiones y Comentarios Finales

Con respecto a la Perforación,

- Más allá de la falla en la primera carrera en el país, fue importante la recuperación del EZCase™ en superficie para su rediseño y confiar en el potencial de esta tecnología. El posterior desarrollo en las diferentes Cuencas avala esta decisión.
- El Casing Drilling ha demostrado su utilidad en las más de 100 carreras que se llevan realizas en al país y en los campos descriptos se ha instrumentado como práctica estándar.
- Las siguientes son las aplicaciones en que la tecnología ha demostrado ahorros considerables de tiempos como para estandarizar la utilización,
 - o Tramos con pérdidas parciales de circulación
 - o Tramos con pérdidas totales de circulación e inestabilidad de pozo.
 - o Tramos sin problemas de pozo donde solo se busca maximizar el rendimiento para disminuir los tiempos normales de perforación (Aplicaciones a “Performance”)
- El EZCase™ ha demostrado alcanzar muy buenos rendimientos en cuanto a ROP, incluso superiores a la perforación convencional de esos mismos tramos, en los pozos problemáticos esta diferencia se hace mayor.

- Existe gran variedad de diseños de EZCase™ que pueden abarcar un amplio abanico de aplicaciones, en cualquier aplicación convencional de trépanos PDC existe la posibilidad potencial de utilización de esta tecnología.

Con respecto a la Cementación,

- Observando el comportamiento de la presión en operaciones con y sin tecnología de Casing Drilling, no se observan sobrepresiones ni anomalías durante todo el bombeo.
- Con la experiencia adquirida durante nuestro aprendizaje (Zona 3 de la curva) podemos determinar y confirmar la utilización de una lechada convencional para las siguientes operaciones de este tipo sin problema alguno. Esto implica a su vez una reducción de costos para el cliente como se puede observar en el gráfico de evolución económica.
- Los diámetros de pozo utilizados para cálculos de volúmenes (en algunos casos se utilizó trazador) no se alejan a los utilizados en trabajos convencionales.
- De las operaciones de cementación y tres años de trabajo con la mencionada tecnología se concluye la no necesidad de utilizar una lechada con control de filtrado para los tramos guías en la zona Santa Cruz Norte de la Cuenca del Golfo San Jorge.
- Operativamente, mientras más aditivos se prehidraten, se insume un mayor tiempo de preparación en el caso de lechadas con control de filtrado. Utilizando lechadas convencionales esto deja de ser una preocupación.
- Al día de la fecha no se cuentan con registros CBL-VDL para evaluación final del trabajo de cementación, sin embargo durante la perforación a TD de los pozos no se han encontrado inconvenientes con los Casing's cementados.

Bibliografía

- Casing Drilling en Argentina, Una curva de Aprendizaje Efectiva, Mario Paz y Nemesio Gomez, LACPEC 2007.
- Casing While Drilling Application for Severe Losses, Roger Johns and D. Choudhury, Word Oil, Casing While Drilling and Liner Drilling Technical Conference and Master Class.
- Drilling with Casing: Prospects and Limitations, A.K. Gupta, SPE 99536.
- PDC Casing Drilling Improves HS&E, Cuts Drilling Costs – West África, Klaas Hartsema, Enis Aliko, Jaime Campos, Lester Clark, Franck Delgado, Peter Folling, And John Wingate, SPE 105595.
- Cementing Considerations for Casing while Drilling Operations: Case History, Robert D. Strickler, and Pablo Solano, SPE 105413.