

EXPERIENCIA DE UTILIZACIÓN DE CASING DRILLING EN LOS YACIMIENTOS EL GUADAL Y LOMAS DEL CUY

Cárdenas Crespo, Pablo, YPF, pablo.cardenas@ypf.com; Daens, Claudio Alejandro, YPF, claudio.daens@ypf.com; Fernández, Bárbara, YPF, barbara.fernandez@ypf.com; Fernández, María Celeste, YPF, maria.c.fernandez@ypf.com; Pelusso, Duilio Héctor, YPF, duilio.pelusso@ypf.com

Sinopsis

Los yacimientos El Guadal y Lomas del Cuy conforman una de las áreas de explotación petrolera que YPF tiene en la provincia de Santa Cruz. En la mayoría de sus bloques se ha implementado la recuperación secundaria para mejorar los factores de recobro adicionalmente a la producción primaria de petróleo por expansión del gas disuelto.

Durante los últimos años surgieron una serie de dificultades en la construcción de los pozos, en los cuales los riesgos de obtener resultados negativos y pérdidas importantes condujeron a la búsqueda de nuevas alternativas de perforación en el Activo. Los motivos asociados a esta problemática provenían de orígenes diversos: zonas de diferentes esfuerzos con posible causa asociada a fallas activas, bloques bajo recuperación secundaria, antecedentes de colapso de casing, entre otros. La técnica de perforación mediante CWD (Casing While Drilling) se presentó como alternativa en el año 2013 para afrontar estos desafíos. En ese año se perforaron 2 pozos a modo de prueba logrando buenos resultados de acuerdo a los objetivos buscados. A partir de 2015, se perforaron pozos con esta técnica definiendo previamente los criterios para su elección. Asimismo, se pudo ampliar la técnica a situaciones de contingencia, cubriendo imprevistos.

Una de las principales limitaciones que surge con la aplicación de ésta técnica es la imposibilidad técnico-económica de contar con registros OH (Open Hole). La información provista por los perfiles CH (Cased Hole) resulta en principio insuficiente, por ello se requiere contar con control geológico como información adicional en la identificación de la formación atravesada. En este escenario, se buscan nuevas opciones de adquisición de datos para suplir la disminución de los mismos en hueco abierto y poder contar con herramientas adecuadas al momento de evaluar la formación y planificar la puesta en producción.

Las dificultades presentadas durante la perforación de los pozos en los últimos años se convirtieron en oportunidades para la aplicación de nuevas técnicas. La obtención de buenos resultados tanto técnicos como económicos instaló el CWD como primera opción en determinadas circunstancias, como lo son los pozos de reemplazo y pozos infill. Adicionalmente representa una variante confiable en situaciones de inestabilidad durante la perforación.

Introducción

El Activo EGL (El Guadal-Lomas del Cuy) se encuentra ubicado en el flanco oeste de la CGSJ (Cuenca del Golfo San Jorge) y al norte de la provincia de Santa Cruz a una distancia aproximada de 30 Km de la ciudad de Las Heras. Comprende un área total de 528 Km², donde más de 1500 pozos perforados generan diariamente una producción aproximada de 1200 m³/d de petróleo, de la cual 50% está asociada a recuperación secundaria.

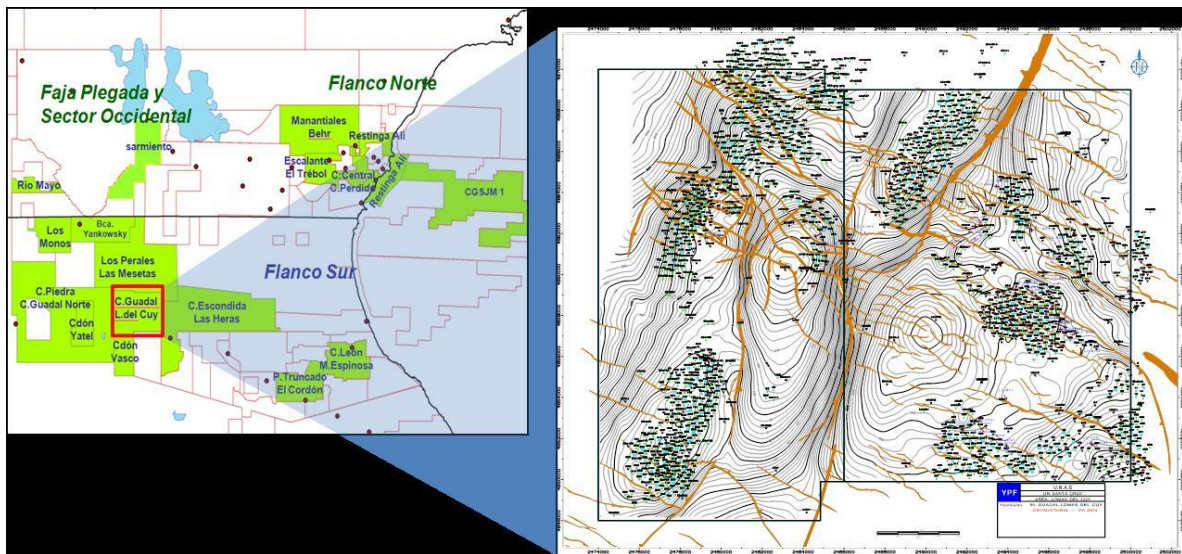


Fig. 1 – Mapa de Ubicación del Activo EGL en la CGSJ

La secuencia sedimentaria que atraviesan los pozos en la zona, comprende niveles de edad terciaria y cretácica media a superior. El principal reservorio de la cuenca y objetivo geológico lo constituye el Miembro Inferior de la Formación Bajo Barreal, asociado a un origen fluvial. Esta unidad se compone en su base por un conjunto de tobas y areniscas tobáceas conocido informalmente como “Sección Tobácea”. Hacia arriba prevalece la alternancia de areniscas tobáceas, tobas, areniscas y limoarcilitas tobáceas.

El Activo presenta dos estilos estructurales bien diferenciados: “El Guadal” en el oeste, donde predominan las estructuras compresivas asociadas a reactivación de fallas normales y de rumbo que generaron plegamientos, y “Lomas del Cuy” al este, con estructuras distensivas. Ambas zonas se hayan separadas por una falla regional inversa y de dirección NNE-SSO.

Los primeros pozos exploratorios fueron perforados en la década del '60. Luego con el desarrollo del yacimiento se realizó la clasificación de los distintos bloques en cuanto a las propiedades de sus reservorios, estilos estructurales y producción. Las características de permeabilidad y continuidad de los reservorios de Bajo Barreal permitió la inyección de agua para recuperación secundaria.

En la figura 2 se observa el mapa estructural del Activo EGL al tope de la Formación Bajo Barreal, Miembro Inferior. En el mismo gráfico se indica los bloques que lo componen: EGS (El Guadal Sur), EGB2 (El Guadal Batería 2), EGN (El Guadal Norte), PDS (Pampa del Setenta), LJ (Laguna Janares), APS (Anticlinal Perales Sur), CDG (Cerro Doce Grande), ESJ (Estancia San Justo), ESJN (Estancia San Justo Norte) y LCH (Estancia La Chitita).

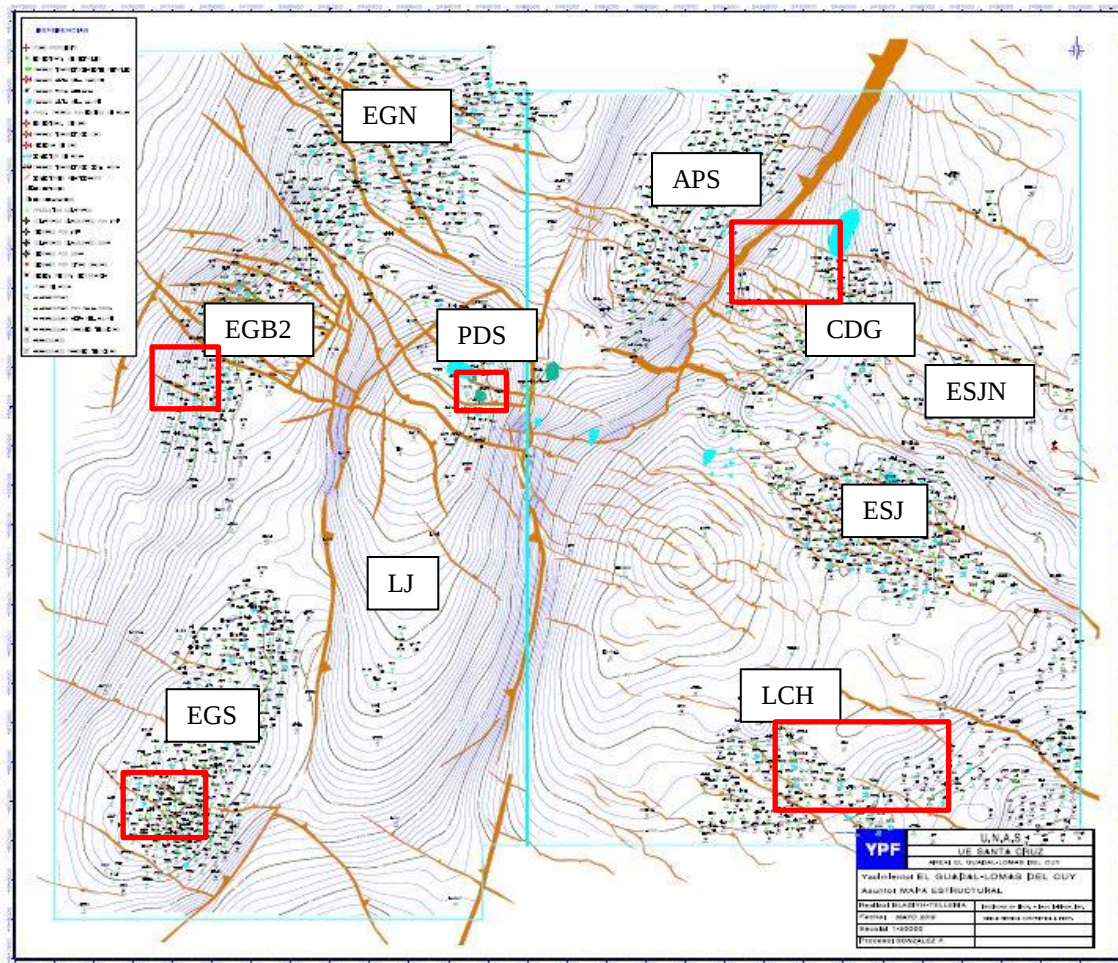


Fig. 2 – Mapa estructural al tope de la Formación Bajo Barreal (Miembro Inferior). Los rectángulos rojos corresponden a las áreas donde se utilizó CWD.

La actividad principal que se realiza para el desarrollo de las reservas está asociada a la perforación de pozos de producción primaria de petróleo por expansión de gas disuelto; así como la implementación de proyectos de recuperación secundaria mediante operaciones de Workover para el acondicionamiento de pozos productores e inyectores, y perforación nuevos pozos.

Durante la perforación se atraviesan simultáneamente horizontes depletados y con sobrepresión por inyección de agua, lo cual reviste un desafío integral en la fase de planificación de la perforación. Las dificultades en las operaciones de perforación en este tipo de yacimientos están asociadas a problemas tales como *perdida de circulación*, *descontrol de pozo*, *inestabilidad de paredes de pozo* y *aprimamiento de sarta de perforación*. Muchos de estos problemas son aceptados como parte inherente del proceso de perforación, lo que hace que minimizar los mismos sea esencial para asegurar el cumplimiento de los objetivos y rentabilidad de los proyectos. Actualmente se focaliza en implementar metodologías integrales, orientadas a identificar y evaluar los riesgos a fin de establecer acciones de prevención y mitigación que permitan reducir NPT (Tiempos No Productivos) asociados. La figura 3 resume la identificación de los riesgos principales.

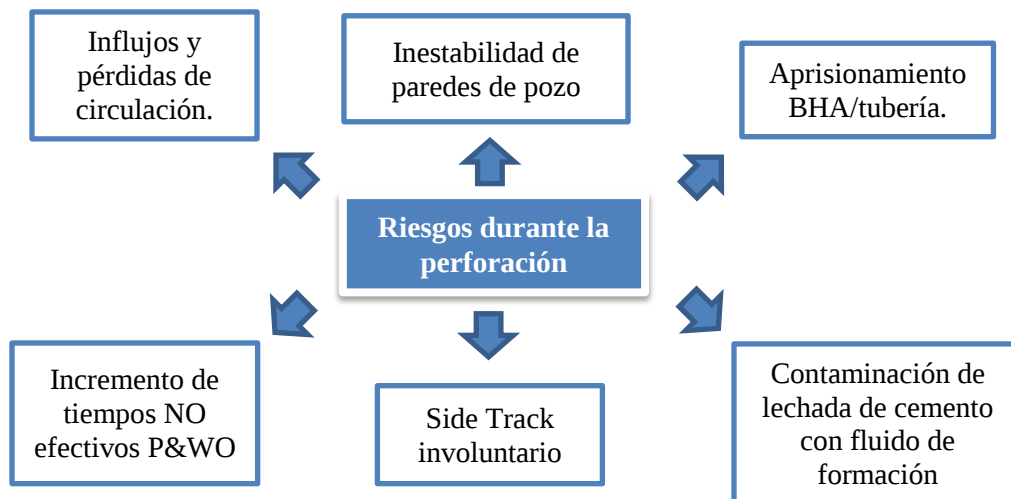


Fig. 3– Riesgos asociados a la etapa de perforación

La perforación con tubería de revestimiento, CWD, ha sido una de las acciones principales de prevención y mitigación adoptadas para minimizar estos riesgos. Las características más destacadas esta técnica son las siguientes:

- Reduce y previene las pérdidas de lodo a formación, asegurando la columna para mantener la primera barrera de control.
- Minimiza los problemas asociados al viaje de tubería tales como influjo e inestabilidad de pared de pozo por tener una ventana operativa acotada (admisión o pistoneo).
- Disminuye el tiempo de exposición a pozo abierto y por lo tanto la inestabilidad de hueco.
- Ayuda a prevenir incidentes de descontrol de pozo.

Por otra parte, bajo situaciones de contingencia, en pozos perforados con problemas de inestabilidad la técnica CWD permite correr revestimiento con rotación y circulación minimizando los riesgos de aprisionamiento de tubería.

Además se presenta como la mejor alternativa de optimización de recursos en aquellos casos de perforación de pozos infill y de reemplazo en áreas desarrolladas.

Desarrollo

A fines del año 2014, se definió la actividad del Plan Anual 2015 y se determinó la lista de pozos a perforarse durante el año. A partir de allí, se realizaron continuas reuniones interdisciplinarias entre los equipos de ingeniería de perforación, reservorios y geología, donde se definieron los aspectos a tener en cuenta para la aplicación de la metodología CWD.

Los criterios para la selección de los pozos a perforarse con esta técnica, se fijaron en base a la experiencia previa y considerando los siguientes aspectos:

- Bloque a perforar.
- Tipo de pozo: avanzada, desarrollo, inyector, infill o reemplazo.
- Alcance (profundidad, vertical o direccional, etc).
- Disponibilidad de información (cantidad de pozos vecinos para correlacionar).
- Antecedentes de pozos vecinos.
- Inyectores activos asociados: a 1 y 2 distanciamientos.
- Balance de mallas de inyección (presión en boca de pozos vecinos).
- Posición estructural: cercanía de fallas activas, buzamiento de los bancos, etc.

A partir de esta evaluación, los pozos seleccionados para perforar con CWD fueron CD-1, CD-2, CD-3 y CD-4. El pozo CD-2 se encuentra en el bloque EGB2 y los restantes en el bloque LCH. En la figura 2 se muestra también con rectángulos rojos las zonas en las cuales se aplicó la técnica (en adelante se muestran ampliadas). Estos pozos tenían como principal aspecto crítico su asociación con inyectores activos y el desbalance histórico inyección/producción de sus mallas. De estos, uno de los casos más destacados es el del CD-2.

- Caso Histórico 1. Pozo Vertical de Desarrollo CD-1: Se encuentra ubicado en la zona del Proyecto de Recuperación Secundaria La Chitita Este, perteneciente al bloque LCH, bajo inyección de agua desde el año 2006 (Fig. 4). Por su cercanía al pozo inyector activo IN-1 y por estar en zona con desbalance inyección/producción, se decide la perforación del tramo aislación con CWD.

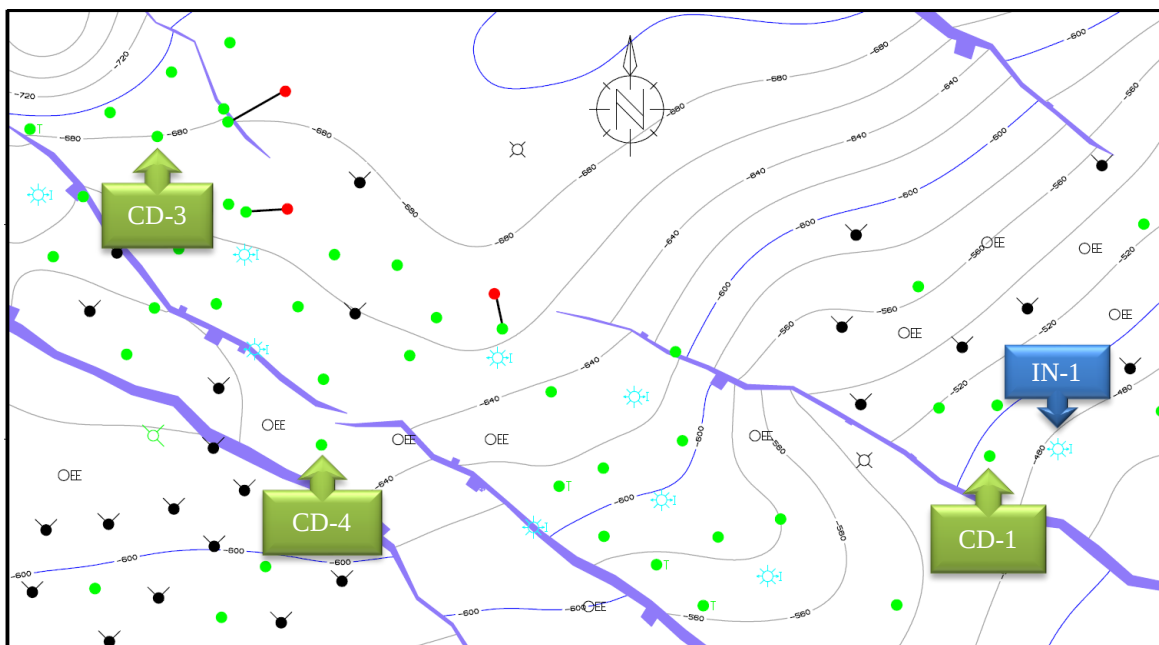


Fig. 4 – Mapa Estructural al tope de la Formación Bajo Barreal (Miembro Inferior) con la ubicación destacada de los pozos perforados con CWD en el bloque LCH

La siguiente tabla muestra los riesgos identificados durante la planificación de la perforación del pozo y cómo la acción de mitigación de perforar con CWD resulta en un menor nivel de riesgo residual:

Riesgo	Probabilidad de Ocurrencia	Impacto	Nivel de Riesgo	Mitigación y Prevención	Riesgo Residual
Inestabilidad de paredes de pozo	Alta	Alto	Alto	Perforación con CWD	Bajo
Perdida de Circulación	Moderada	Moderado	Moderado	Perforación con CWD	Bajo
Influjo de Agua	Alta	Alto	Alto	Perforación con CWD	Moderado
Side-track Involuntario	Baja	Alto	Moderado	Perforación con CWD	Bajo
Aprisionamiento de BHA / tubería	Alta	Alto	Alto	Perforación con CWD	Bajo
Contaminación de lechada de cemento con fluidos de formación	Alta	Alto	Alto	Perforación con CWD	Moderado

Una vez cementada la guía, la perforación del tramo aislación de desarrolla con normalidad, alcanzando la profundidad objetivo de 1300m con un récord de 684 m/día.

Por otro lado, el caso más complicado de los pozos seleccionados resultó ser CD-2.

- Caso Histórico 2. Pozo Vertical de Desarrollo CD-2: Ubicado al SO del bloque EGB2 (Fig. 5), presentaba como principal aspecto crítico el antecedente complejo de la perforación del pozo vecino P-1, en donde se registró un fuerte desplazamiento durante la operación e inestabilidad general de las paredes del pozo.

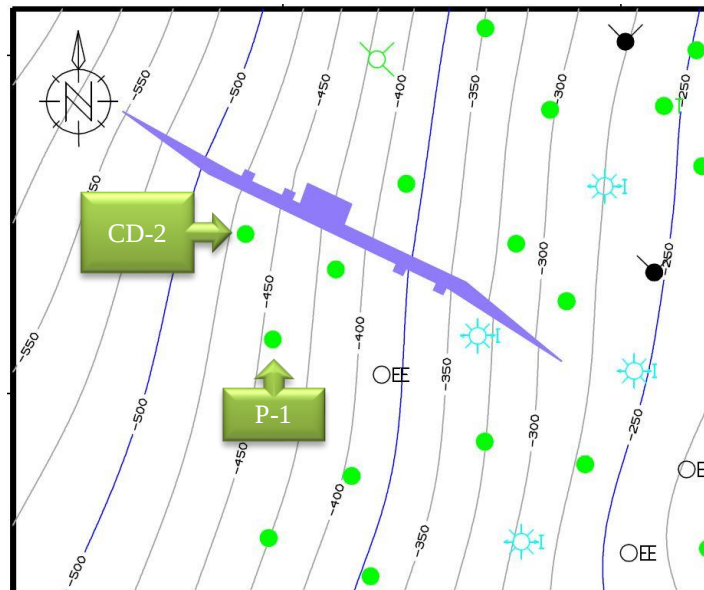


Fig. 5 – Mapa estructural al tope de la Formación Bajo Barreal (Miembro Inferior) con la ubicación destacada de los pozos perforados con CWD en el bloque EGB2

Identificación y Evaluación de Riesgos:

Riesgo	Probabilidad de Ocurrencia	Impacto	Nivel de Riesgo	Mitigación y Prevención	Riesgo Residual
Inestabilidad de paredes de pozo	Alta	Alto	Alto	Perforación con CWD	Bajo
Perdida de Circulación	Moderada	Moderado	Moderado	Perforación con CWD	Bajo
Influjo de Agua	Alta	Alto	Alto	Perforación con CWD	Moderado
Side-track Involuntario	Baja	Alto	Moderado	Perforación con CWD	Bajo
Aprisionamiento de BHA / tubería	Alta	Alto	Alto	Perforación con CWD	Bajo
Contaminación de lechada de cemento con fluidos de formación	Alta	Alto	Alto	Perforación con CWD	Moderado

Durante la perforación se registraron problemas de pozo similares a las que se describen en el caso del pozo asociado P-1. Debido a que se perforaba con CWD, el aporte continuo de agua de formación al pozo no representó mayores inconvenientes para lograr el objetivo de profundidad, aunque sí afectó a los resultados de la cementación primaria, necesitando realizar acciones correctivas en la terminación.

Además de los planificados a perforarse con CWD, hubo situaciones no previstas en otros pozos perforados de forma convencional, que por tener la logística ya preparada, pudieron ser terminados sin mayores sobresaltos con ésta técnica, como los casos P-1 y P-2.

- Caso Histórico 3. Pozo Vertical de Desarrollo P-1: Corresponde al bloque EGB2. Se encuentra ubicado en una zona de borde, en una posición estructural baja con buzamiento pronunciado (Fig. 5). La perforación del tramo aislación se llevó a cabo sin inconvenientes hasta la primera maniobra de calibre de pozo. Durante la sacada del BHA (Bottom Hole Assembly) se registraron sobretensiones anormales. Posteriormente se continuó perforando hasta alcanzar la profundidad objetivo. Al momento de perfilar ocurrió aprisionamiento y pesca de la herramienta. La maniobra de pesca se realizó de forma exitosa. También ocurrieron influjos de agua. Posteriores inconvenientes relacionados con intervenciones mecánicas en el equipo y conflictos gremiales aumentaron el tiempo de exposición a pozo abierto, lo cual agravó la condición de inestabilidad de las paredes del pozo. Debido a esta situación se decidió implementar CWD para la actividad de entubación.

La tabla mostrada a continuación describe los riesgos actualizados, previo a la actividad de correr revestidor:

Riesgo	Probabilidad de Ocurrencia	Impacto	Nivel de Riesgo	Mitigación y Prevención	Riesgo Residual
Perdida de Circulación	Alta	Alto	Alto	Revestidor con CWD	Moderado
Aprisionamiento de cañería	Alta	Alto	Alto	Revestidor con CWD	Moderado

Esta maniobra termina de forma exitosa, aunque no así la cementación ya que se requirieron punzados auxiliares durante la terminación para poder aislar y acceder a los reservorios de interés.

- Caso Histórico 4. Pozo Vertical de Avanzada P-2: Por tratarse de un pozo de avanzada, no estaba prevista la utilización del CWD como técnica de perforación. En este caso el pozo está ubicado en el bloque CDG del Yacimiento Lomas del Cuy. Contaba con objetivos de investigación cercanos a la falla regional que separa los bloques CDG y APS (Fig. 6).

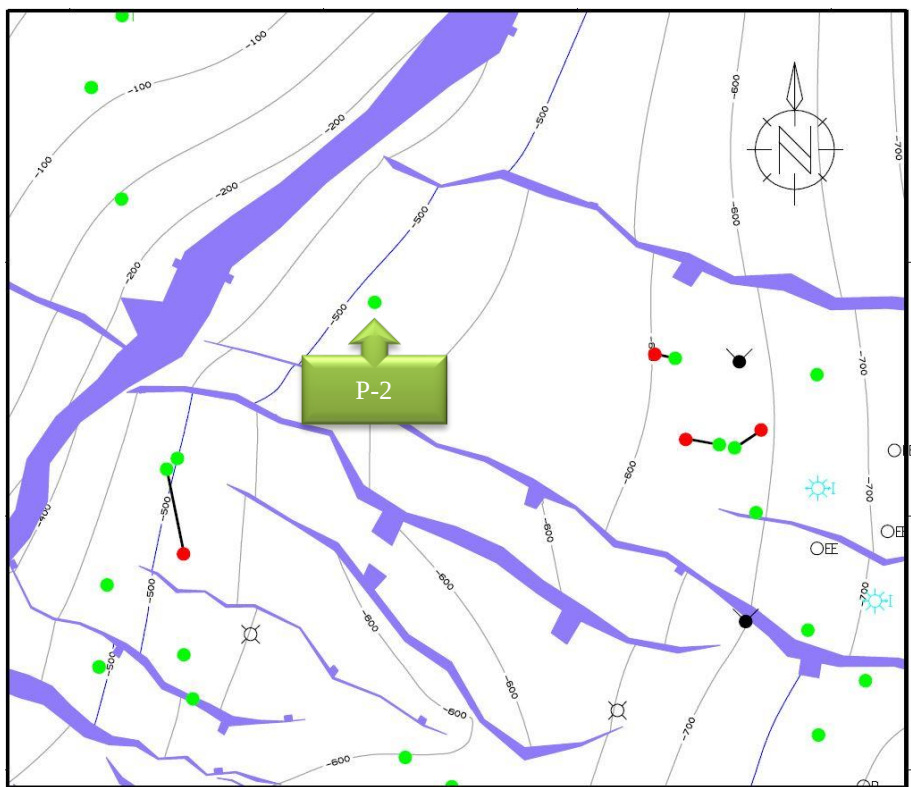


Fig. 6 – Mapa estructural al tope de la Formación Bajo Barreal (Miembro Inferior) con la ubicación destacada del pozo perforado con CWD en el bloque CDG.

Identificación y Evaluación de Riesgos

Riesgo	Probabilidad de Ocurrencia	Impacto	Nivel de Riesgo	Mitigación y Prevención	Riesgo Residual
Aprisionamiento de BHA / tubería	Alta	Alto	Alto	Continuar perforación con CWD	Moderado

La perforación se vio afectada por desvíos involuntarios de verticalidad, probablemente relacionados a la fuerte inclinación de los bancos en la zona cercana a la falla, y posteriormente por tendencia a aprisionamiento debido a inestabilidad de pared de hueco, habiendo alcanzado la profundidad de 1035m. Debido a ello se decidió terminar de perforar el pozo con CWD, alcanzando la profundidad final en 1698m sin más inconvenientes.

Posteriormente, en la campaña de perforación del año 2016 se han seleccionado 3 pozos a perforarse con esta técnica, CD-5, CD-6 y CD-7. Se trata de dos pozos infill en zona de recuperación secundaria de EGS y un pozo de reemplazo de un inyector en el bloque PDS.

- Caso Histórico 5. Pozo vertical infill CD-5: Ubicado al sur del bloque EGS (Fig. 7), en una zona desarrollada con recuperación secundaria.

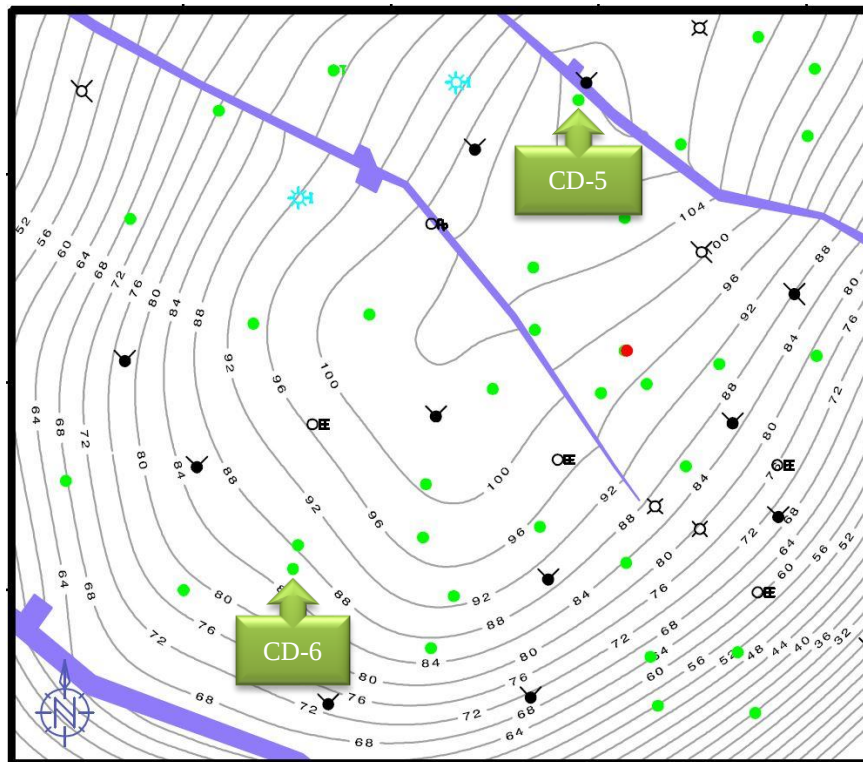


Fig. 7 – Mapa estructural al tope de la Formación Bajo Barreal (Miembro Inferior) con la ubicación destacada de los pozos perforados con CWD en el bloque EGS.

Identificación y Evaluación de Riesgos:

Riesgo	Probabilidad de Ocurrencia	Impacto	Nivel de Riesgo	Mitigación y Prevención	Riesgo Residual
Perdida de Circulación	Alta	Alto	Alto	Perforación con CWD	Moderado
Influjo de Agua	Alta	Alto	Alto	Perforación con CWD	Moderado
Perforación con cruce de curva de presiones	Moderado	Alto	Alto	Perforación con CWD	Moderado
Aprisionamiento de BHA / tubería	Alta	Alto	Alto	Perforación con CWD	Moderado

En profundidades someras, inmediatamente por debajo de la sección guía se manifestó influjo de agua. Esto obligó a incrementar densidad del lodo hasta 1650 g/l, lo cual provocó en adelante convivir con pérdidas de circulación y aporte de agua. Esto llevó a un desfase en tiempos y costos programados. De no haber perforado con CWD probablemente no se hubieran alcanzado los objetivos.

En los casos de los pozos CD-1, P-1 y CD-5, los influjos de agua resultaron posteriormente en una verdadera complicación al momento de la cementación primaria, debido a la contaminación de la lechada con agua. El resultado fue una mala calidad de aislación que requirió trabajos cementación correctiva a través de punzados auxiliares que incrementaron los costos de terminación y la calidad del pozo.

A partir de los resultados obtenidos durante la campaña de perforación del 2015 y 2016 se pudieron realizar las siguientes observaciones:

Fortalezas: Se han podido documentar las siguientes ventajas de esta técnica:

- Permite perforar con presiones anómalas asociadas a recuperación secundaria.
- Permite perforar en zonas de inestabilidad o desmoronamiento de las paredes del pozo.
- Al perfilar a pozo entubado se evitan los riesgos asociados al registro OH (set up, aprisionamiento, pescas, etc).
- Se reduce significativamente el riesgo setup o aprisionamiento del revestidor durante la operación de entubado.

- Reducción de tiempos y costos en construcción de pozo:

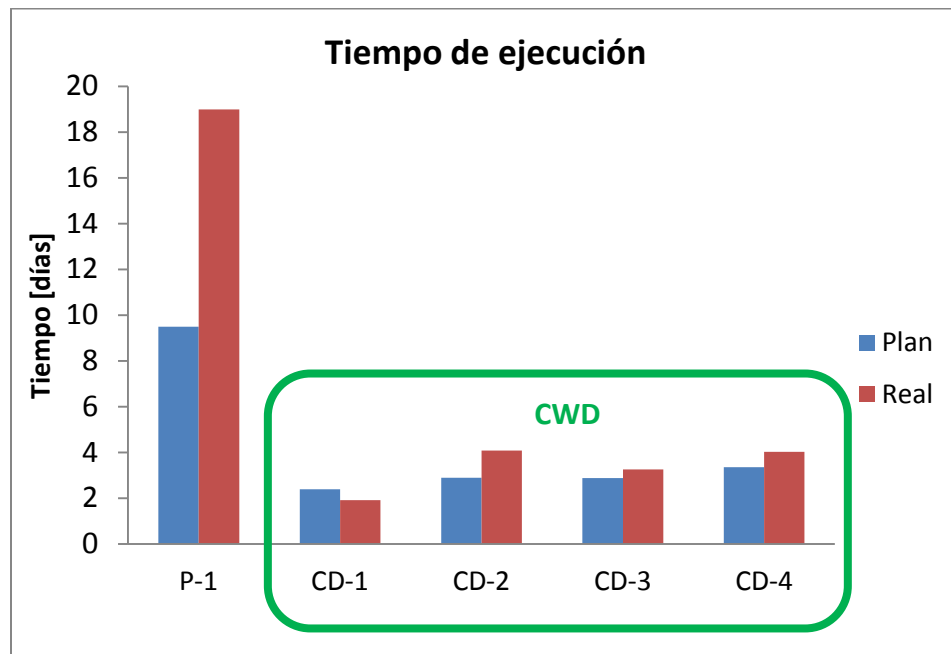


Gráfico 1 – Comparativo entre tiempos planeados y reales sobre operaciones convencionales (P1) vs. CWD

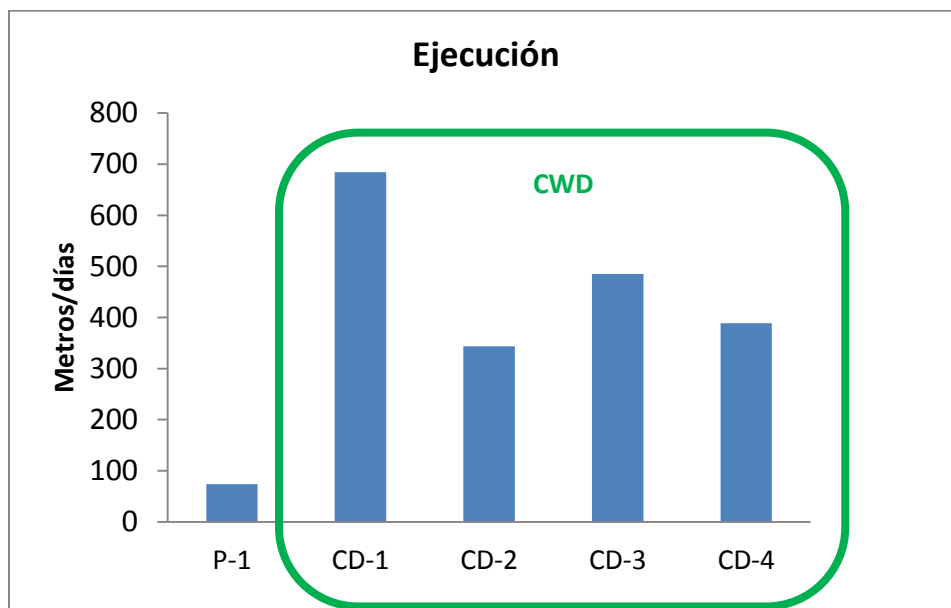


Gráfico 2 – Comparativo de perforación metros/días sobre operaciones convencionales (P1) vs. CWD

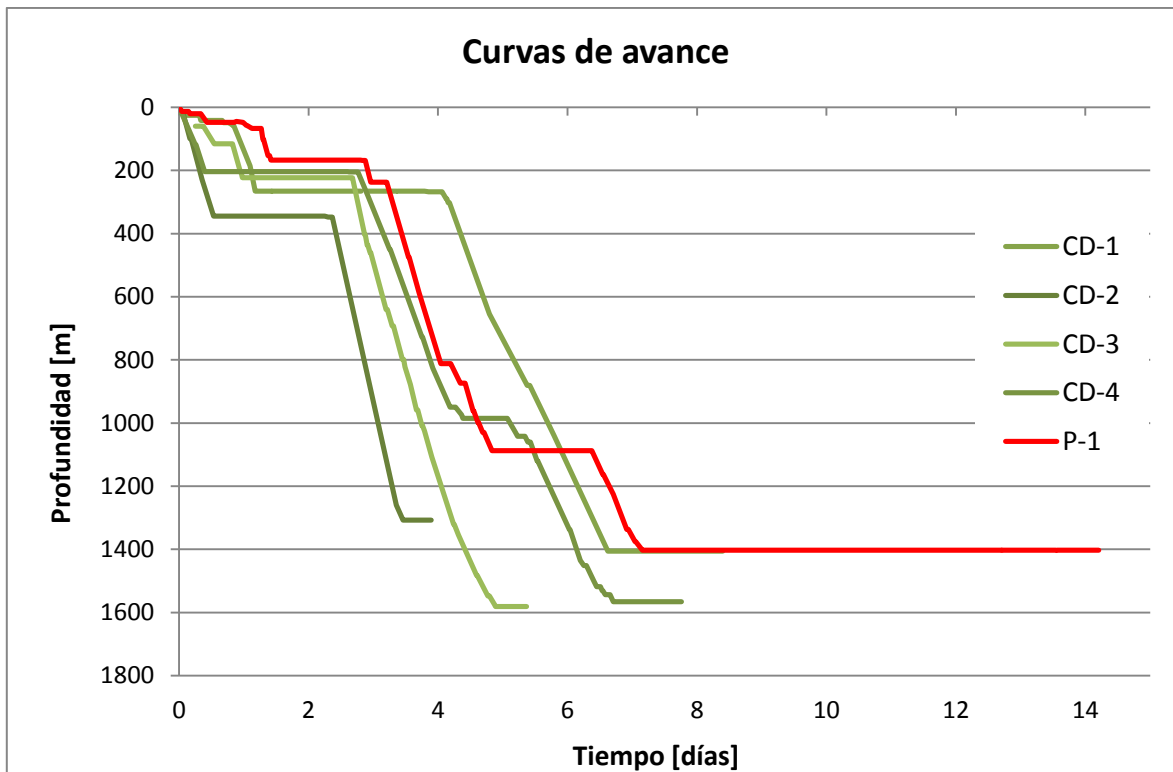


Gráfico 3 – Curvas de avance de operaciones planeadas convencional (P1) vs. CWD

Oportunidades: De acuerdo a lo observado durante las campañas 2015 y 2016, se ha establecido que la técnica puede aplicarse en las siguientes situaciones:

- Pozos infill, reemplazo, o en zonas desarrolladas donde existe una alta densidad de datos.
- Zonas con riesgo de inestabilidad o presiones anormales por inyección de agua.
- Zona depletadas donde existe alto riesgo de pega diferencial.
- Zonas sobrepresurizadas por presencia de gas.

Debilidades: En la programación de los pozos con CWD, al nivel de la técnica implementada en EGL, se plantan los siguientes puntos como limitaciones o requerimientos:

- Presenta menos oportunidades de obtención de información durante la perforación (perfil a pozo entubado, registros de presiones, extracción de muestras, etc), con excepción del control geológico.
- Sólo puede ser implementado en pozos verticales donde no sea requerido control direccional.
- Requiere equipo de perforación con sistema de rotación Top Drive.

Amenazas: Requiere conocimiento de litología a atravesar ya que debe perforarse en una carrera. En caso de desgaste prematuro del trépano, embolamiento de trépano, taponamiento de toberas, la operación de sacada de tubería provocaría desvíos en tiempos y costos superiores al de las operaciones convencionales.

Conclusiones

- La técnica de CWD en EGL se presentó como una gran oportunidad para reducir los niveles de riesgos y por ende su costo de contingencia asociado durante la planificación y construcción de pozo.
- Se ha podido implementar de forma exitosa también bajo situaciones de contingencia ya que ha permitido finalizar la perforación del pozo. Siendo de otra manera, este objetivo difícilmente se hubiera alcanzado.
- La sola utilización de la técnica CWD no garantiza perforar un pozo con la calidad requerida para ser explotado. El trabajo interdisciplinario, la comunicación y planificación previa juega un papel preponderante.
- La pérdida de cantidad y calidad de información generó la inquietud de encontrar alternativas de adquisición de datos que se adapten a la nueva modalidad de perforación. En pozos de Lomas del Cuy se están probando alternativas de perfilaje CH.
- El Activo EGL posee bloques donde existen amplias oportunidades de perforación infill y pozos de reemplazo en los cuales esta técnica aplica directamente.

La utilización de esta técnica plantea muchos desafíos para el futuro. En cuanto a la limitación en la adquisición de información, fomenta el desarrollo de alternativas de perfilaje a pozo entubado. En otros escenarios de precios se podría realizar CWD en combinación con LWD (Logging While Drilling) para poder contar a su vez con un registro OH. Asimismo, se podría realizar perforación direccional con CWD. El desafío en este caso pasa por la necesidad de reducir costos para permitir la utilización de estas alternativas en campos maduros con poco margen de rentabilidad.

Bibliografía:

- Sanagua, J. Hlebszevitsch, J. Suárez, F. 2002. “Los Reservorios del Flanco Oeste” V Congreso de Exploración y Desarrollo de Hidrocarburos, Mar del Plata. IAPG.
- Moji Karimi, SPE, Calvin Holt, SPE, Eric Moellendick, SPE, Tesco Corporation. “Trouble Free Drilling with Casing Drilling; a Process Focused on Preventing the Drilling Problems” IPTC 14866
- R. M. Tessari and T. M. Warren, Tesco, J. Y. Jo Turnkey E&P Corp. “Drilling with Casing Reduces Cost and Risk” SPE 101819

Breve CV de autores:

Alejandro Daens.

Licenciado en Física, Universidad Nacional de Córdoba.

YPF S.A.

Líder de Reservorios Operativo, El Guadal-Lomas del Cuy. YPF S. A.

Duilio H. Pelusso

Ingeniero Electromecánico espec. en control y aut. Indust. Universidad Nacional de La Pampa

YPF S.A / Halliburton Argentina / CV Control S.A.

Jefe Ing. Perforación Unidad Regional Santa Cruz – YPF S.A.

María Celeste Fernández

Licenciada en Ciencias Geológicas, Universidad de Buenos Aires

YPF S.A. / Chevron Argentina S.R.L.

Geóloga de Reservorios Operativo, El Guadal-Lomas del Cuy. YPF S. A.

Pablo Cárdenas

Ingeniero Mecánico, Universidad del Norte, Barranquilla, Colombia

YPF S.A.

Ing. Perforación Unidad Regional Santa Cruz – YPF S.A.

Bárbara Fernández

Ingeniera en Petróleo, Instituto Tecnológico de Buenos Aires

YPF S.A. / Halliburton

Ing. Perforación Unidad Regional Santa Cruz – YPF S.A.