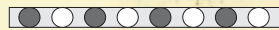




IX CONGRESO URUGUAYO DE GEOLOGÍA



V SIMPOSIO LAC SOBRE GEOPARQUES



Trinidad, 4 al 8 de noviembre de 2019
URUGUAY

RESÚMENES

DESAFÍOS EN LA PERFORACIÓN DE LA FM. ARAPEY: PERDIDA DE CIRCULACIÓN DE FLUIDOS

Gristo, P.; Marmisolle, J.; Tomasini, J.; Rodríguez, P.

Gerencia de Exploración y Producción, ANCAP

pgristo@ancap.com.uy

RESUMEN

La perforación en grandes provincias ígneas tiene múltiples desafíos vinculados a las propiedades petrológicas y petrofísicas de sus diversas facies volcánicas y de sus facies sedimentarias inter-estratificadas. Dichas características pueden provocar complicaciones tales como tasas de perforación variables, lento avance, atascamiento de herramientas y la pérdida de circulación del fluido de perforación. A través del testimonio de profesionales que participaron en control de pozos, sumado a la información de escasos reportes, se han identificado problemas operativos durante la perforación de la Formación Arapey, tanto en pozos para exploración de hidrocarburos, como de explotación de recursos de agua subterránea. La Formación Arapey está constituida por basaltos toleíticos, en ocasiones inter-digitados por areniscas y conglomerados, producto del magmatismo asociado al break-up de Gondwana en el Cretácico Inferior. En este trabajo se procura correlacionar ciertas facies de la Formación Arapey con eventos de pérdida de circulación de fluido reportados durante su perforación, en un abordaje conjunto desde la geología y la ingeniería de perforación. Se identificaron las facies con elevada porosidad (primaria y secundaria) y permeabilidad como los más propensos a este tipo de incidentes, y se plantean pautas para la prevención y mitigación de pérdidas de circulación de fluido durante el diseño de pozos y la perforación de la Formación Arapey.

Palabras clave: Perforación, Pérdida de Circulación, Basalto, Formación Arapey.

INTRODUCCIÓN

Los basaltos de grandes provincias ígneas exhiben múltiples desafíos para la perforación. Los mismos están vinculados a su diversidad de facies ígneas y eventuales facies sedimentarias inter-estratificadas, así como a las propiedades petrológicas y petrofísicas asociadas (Millett et al., 2016). La tasa de perforación en los basaltos es normalmente muy baja, vinculado a su dureza y abrasividad, aunque también pueden encontrarse variaciones extremas de velocidad de perforación al atravesar diferentes facies volcánicas, intervalos meteorizados, o intervalos clásticos inter-estratificados. Por otro lado, los niveles lajosos y amigdaloides, las brechas volcánicas, y los eventuales intervalos fracturados, son estructuralmente más inestables durante la perforación que los niveles masivos. El efecto mecánico del trépano (y eventualmente también otros tipos de elementos de perforación) y/o la presión dinámica ejercida por el fluido de perforación, pueden dar lugar a la desestabilización de estos intervalos, provocando desmoronamientos y caída de fragmentos de roca al fondo del pozo. Dependiendo de la intensidad de este fenómeno, puede ocasionar problemas operativos como el ensanchamiento del diámetro nominal del hoyo, hasta el atascamiento de la tubería de perforación o el trépano,



y el colapso del pozo.

Otra complicación reportada durante la perforación de basaltos es la pérdida de circulación de fluidos de perforación. En las obras de perforación con objetivos petroleros normalmente se opera con un circuito cerrado de fluidos de perforación que tienen la función de lubricar y enfriar el elemento de perforación (i.e.: trépano), limpiar el pozo y transportar a la superficie los recortes o fragmentos de roca que son perforados, y estabilizar el pozo ejerciendo una presión adecuada sobre las paredes o por estabilización química de litologías problemáticas. Asimismo, una de las funciones más importantes del fluido de perforación es evitar el ingreso de los fluidos de la formación al pozo, jugando un rol fundamental en la seguridad de las operaciones de perforación. El fluido de perforación se inyecta en boca de pozo por el interior de la tubería de perforación, se eyecta en el extremo inferior (trépano) y asciende con los recortes de perforación, en suspensión, por el espacio anular entre las paredes del pozo y la tubería de perforación. Cuando se atraviesan formaciones porosas y permeables, o fracturadas, que constituyen un camino alternativo para el fluido, parte o la totalidad del fluido de perforación puede seguir ese camino alternativo en lugar de ascender por el espacio anular. Este fenómeno se denomina pérdida de circulación y constituye uno de los desafíos operacionales más importantes para la perforación: limita la capacidad de estabilización y control del pozo, retrasa las operaciones de perforación para resolver la situación y ocasiona pérdida de fluidos, lo que conlleva costos operativos adicionales. A la vez, puede provocar impactos ambientales en el subsuelo, dependiendo de las características del fluido, del volumen de pérdida, y de la formación donde se produce la pérdida. En perforaciones con otros objetivos y tecnologías de perforación, también puede ocurrir este fenómeno, aunque sea difícil de registrar cuando no se opera con un circuito cerrado y controlado de fluido de perforación.

La Formación Arapey definida por Bossi (1966) comprende principalmente basaltos de naturaleza toleítica, que cubren gran parte de la Cuenca Norte. Estos derrames forman parte de una gran provincia ígnea (LIP, por sus siglas en inglés) denominada Provincia Paraná- Etendeka, de un millón de kilómetros cúbicos de volumen (Peate, 1997), vinculada a la fragmentación de Gondwana Occidental, de edad Cretácico Temprano. En la localidad de Salto, según datos del pozo Daymán, los basaltos alcanzan una potencia máxima de casi 1000 m. Estos se disponen en coladas, reconociéndose de base a tope en ocasiones niveles lajosos, masivos y amigdaloides (de Santa Ana & Veroslavsky, 2004) (Muzio, 2004). La descripción original de la Formación Arapey incluye delgados niveles de areniscas de intertrap, finas, rojizas, que aparecen intercalados con las coladas hacia la base de la unidad en determinados sectores de la cuenca (Bossi & Navarro, 1991), así como la ocurrencia de brechas volcánicas. Bossi y Navarro (1991) también describen dentro de esta unidad conglomerados con clastos de granito y basalto, aflorantes en los cerros próximos al arroyo La California (“conglomerados de La California”).

DESARROLLO

A partir de la identificación de incidentes de pérdida de circulación en la Formación. Arapey

en la Cuenca Norte de Uruguay, se analizaron los registros históricos, las causas identificadas y las soluciones aplicadas, en literatura técnica y reportes de perforación. Salvo incidentes que involucren pérdidas de tiempo operativo significativo, estos eventos y las medidas adoptadas no son reportados específicamente, y solamente se tiene una noción de la recurrencia de las complicaciones en los basaltos de Formación Arapey por el testimonio de los profesionales que trabajaron en las perforaciones (com. per. Nelson Ucha, Héctor de Santa Ana, 2019).

Para que ocurra pérdida de circulación la presión en el pozo debe exceder la presión de poro, y a la vez debe existir una vía alternativa de flujo para el fluido de perforación. Alkinani et al. (2018) clasifican las vías alternativas de flujo que causan o podrían dar lugar a pérdidas de circulación de acuerdo a: 1) Fracturas creadas o inducidas por causas operativas durante la perforación; 2) Formaciones con cavernas o canales naturales; 3) Formaciones muy permeables o no consolidadas; o 4) Fracturas naturales presentes en la roca (fallas no sellantes). En el caso de la Formación Arapey, los niveles fracturados, meteorizados o vacuolares (en ocasiones) permiten el flujo por fracturas naturales cuando están interconectadas sumado a los niveles clásticos (areniscas inter-digitadas) que ofrecen el 3er tipo de vía alternativa.

En cuanto al diseño de la ingeniería de perforación, se ha observado una tendencia a adoptar modelos geológicos simplificados para reducir el número de variables, teniendo en cuenta la falta de información petrofísica detallada de las formaciones a perforar. Tal es el caso del cálculo de presiones de fractura en la Formación Arapey, asumiendo propiedades y comportamiento homogéneo. Esta simplificación del diseño puede llevar a establecer densidades de fluido de perforación que pueden superar la presión de fractura en determinados intervalos, tales como niveles de basalto vacuolares o fracturados, o meteorizados. Rossetti et al. (2019) han realizado estudios detallados de las propiedades petrofísicas de las facies volcánicas y sedimentarias interestratificadas en la Formación Serra Geral en la cuenca Paraná, que pueden ser una referencia útil para el diseño.

Recientemente, la Dirección Nacional de Medio Ambiente (DINAMA) elaboró en conjunto con técnicos de ANCAP un “Protocolo de actuación ante contingencias para evitar y/o minimizar infiltración de lodos hacia la formación” (DINAMA, 2018), que establece las medidas a tomar en caso de detectar eventos de pérdida de circulación de fluido de perforación. Por el momento es aplicable únicamente a los proyectos específicos de pozos de exploración de hidrocarburos en cuenca Norte, pero es una referencia y guía interesante para futuras perforaciones de todo tipo. Asimismo, el requerimiento de estudios específicos respecto a pérdidas de circulación ha sido incluido en las últimas versiones de los manuales de operación exploratoria de ANCAP.

RESULTADOS Y CONCLUSIONES

La ausencia de reportes detallados de incidentes de pérdidas de circulación en pozos que atraviesan la Formación Arapey no permite al momento realizar una correlación entre estas pérdidas y las facies asociadas. Sin embargo, los escasos registros están de acuerdo con lo descrito en la literatura que identifica las facies con elevada porosidad y permeabilidad o los

intervalos fracturados como los más propensos a este tipo de incidentes.

Una de las medidas preventivas a incorporar en el diseño de la ingeniería de pozo es un pronóstico de las facies volcánicas y sedimentarias inter-estratificadas de la Formación Arapey, y que pueden presentar problemas durante la perforación. Este pronóstico puede alimentarse de datos de geología de superficie y de pozos próximos, y eventualmente datos de geofísica somera (magneto-telúrica, sondeo eléctrico vertical), de forma de identificar estos intervalos previamente a la perforación.

Si bien no se esperan impactos ambientales significativos a escala regional por la pérdida de circulación de fluidos de perforación, y su infiltración en los niveles porosos y permeables o fracturados de la Formación Arapey, se recomienda evaluar específicamente este aspecto al momento del diseño e ingeniería de pozo. En tal sentido, se debe tener en cuenta el volumen y la composición del fluido de perforación y los recursos de agua subterránea que son explotados o pasibles de explotar localmente de la Formación Arapey. Asimismo, establecer pautas y medidas de contingencia ante incidentes de pérdida de circulación.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALKINANI, H., AL-HAMEEDI, A. T., DUNN-NORMAN, S., FLORI, R., A. HILGEDICK, S., S AMER, A., & T. ALSABA, M. (2018). Drilling Strategies to Control Lost Circulation in Basra Oil Fields, Iraq. In American Association of Drilling Engineers Fluids Technical Conf. and Exh.. Houston, TX, USA: AADE.

BOSSI, J. (1966). Geología del Uruguay. Montevideo, Uruguay: Dep. de Publicaciones de la Universidad de la República.

BOSSI, J., & NAVARRO, R. (1991). Geología del Uruguay. Montevideo, Uruguay: Dep. de Publicaciones de la Universidad de la República.

DE SANTA ANA, H., & VEROSLAVSKY, G. (2004). La tectosecuencia volcanosedimentaria de la Cuenca Norte de Uruguay. Edad Jurásico – Cretácico Temprano. In G. Veroslavsky, M. Ubilla, & S. Martínez (Eds.), Cuencas sedimentarias de Uruguay - geología, paleontología y recursos naturales - Mesozoico (2da ed., pp. 53–76). Montevideo, Uruguay: DIRAC-Facultad de Ciencias.

DINAMA. (2018). Protocolo de actuación ante contingencias para evitar y/o minimizar infiltración de lodos hacia la formación. Montevideo, Uruguay.

MILLETT, J. M., WILKINS, A. D., CAMPBELL, E., HOLE, M. J., TAYLOR, R. A., HEALY, D., ... BLISCHKE, A. (2016). The geology of offshore drilling through basalt sequences: Understanding operational complications to improve efficiency. *Marine and Petroleum Geology*, 77, 1177–1192. <https://doi.org/10.1016/j.marpetgeo.2016.08.010>

MUZIO, R. (2004). El Magmatismo Mesozoico en Uruguay y sus Recursos Minerales. In G. Veroslavsky, M. Ubilla, & S. Martínez (Eds.), Cuencas sedimentarias de Uruguay - geología, paleontología y recursos naturales - Mesozoico (2da ed., pp. 77–102). Montevideo, Uruguay: DIRAC-Facultad de Ciencias.