

Interrupción al proceso de cambio de etapa TR20” por emanación de gas durante la cementación de la tubería superficial.

Celia Soriano Hernández¹ y Omar Óscar Ramírez Amayo²

¹ *Maestrante de Ingeniería Petrolera en la Universidad Olmeca. ORCID ID 0000-0003-1930-7670. Correo Electrónico: soriano.cly@gmail.com*

² *Asesor Externo, Coordinador de Diseño y Seguimiento Operativo de Activo de Exploración Terrestre Sur, Pemex Exploración y Producción. ORCID ID: 0000-0002-6371-5316. Correo Electrónico: omar.oscar.ramirez@pemex.com*

RESUMEN

La cementación de pozos es considerada como una operación de alto riesgo y costo dentro de la construcción de un pozo, ya que la integridad y la continuidad de las operaciones depende de la calidad del sello hidráulico que se genera en el espacio anular de cada zapata, con el fin de que la prueba de goteo sea efectiva y proporcione acciones pertinentes permita dar la información correspondiente para programar las condiciones adecuadas para continuar con la perforación del pozo. En este trabajo se describe un caso real de una falla en la cementación primaria en el pozo Z, donde se observó una emanación de gas entre el espacio anular de la tubería conductora de 30” y la tubería superficial de 20”, lo que ocasionó realizar trabajos correspondientes a una cementación secundaria, así como un incremento en los tiempos no productivos e incremento y de costos del proyecto. El Análisis de Causa Raíz de incidente, deja como lección aprendida, la importancia de diseñar la cementación de las tuberías superficiales, en pozos donde durante la perforación de estas etapas se detecten manifestaciones de gas, la utilización de controlador de gas en las lechadas, el tiempo de bombeo corto y tiempo de transición menores a 45 minutos.

Palabras Clave: Cementación de tubería, interrupción del proceso, manifestación de gas, etapa TR20”

ABSTRACT

Well cementing is considered a high-risk and costly operation within the construction of a well project, since the integrity and continuity of operations depends on the quality of the hydraulic seal that is generated in the annular space of each shoe, so that the drip test can be effective and allow the corresponding information to be provided to program the appropriate conditions to continue drilling the well. In the following work, a real case of a failure in the primary cementation in well Z is described, where a gas emanation was observed between the annular space of the 30” conductive pipe and the superficial 20” pipe, which caused carry out works corresponding to a secondary cementation, as well as an increase in non-productive times and an increase in project costs. The Root Cause Analysis of this incident, leaves as a lesson learned, the importance of designing the cementation of superficial pipes, in wells where gas manifestations are detected during the drilling of these stages, the use of a gas controller in the slurries, the short pumping time and transition time less than 45 minutes.

Key words: Pipe cementation, process interruption, gas manifestation, stage TR 20"

RESUMO

A cimentação de poços é considerada uma operação de alto risco e custosa dentro da construção de um projeto de poço, pois a integridade e continuidade das operações dependem da qualidade da vedação hidráulica que é gerada no espaço anular de cada sapata, para que o teste de gotejamento pode ser eficaz e permitir que as informações correspondentes sejam fornecidas para programar as condições adequadas para continuar a perfuração do poço. No trabalho a seguir é descrito um caso real de falha na cimentação primária do poço Z, onde foi observada uma emanção gasosa entre o espaço anular do tubo condutor de 30" e o tubo superficial de 20" o que ocasionou a realização de obras correspondentes a uma cimentação secundária, bem como um aumento dos tempos não produtivos e um aumento dos custos do projeto. A Análise da Causa Raiz deste incidente, deixa como lição aprendida, a importância do dimensionamento da cimentação de tubulações superficiais, em poços onde são detectadas manifestações de gás durante a perfuração dessas etapas, a utilização de um controlador de gás nas lamas, o curto tempo de bombeamento e tempo de transição inferior a 45 minutos.

Palavras chave: Cimentação do tubo, interrupção do processo, manifestação de gás, estágio TR 20"

INTRODUCCIÓN

Durante la fase de seguimiento, el diseño de la lechada de cemento, se ajusta al final de la perforación de la etapa, de acuerdo con las condiciones reales de perforación del proyecto pozo, donde se realizan distintas simulaciones de la Densidad Equivalente de Control (DEC) con las condiciones actuales para seleccionar la mejor opción, una vez que se varían los diferentes parámetros, como son: densidad y reología de lodo de perforación, los volúmenes y densidades del bache lavador y espaciador, el volumen y densidad de la lechada de cemento, etc. (Instructivo operativo, 2022).

De igual forma, es responsabilidad del personal de seguimiento táctico del Activo, realizar las pruebas de laboratorio del cemento a suministrar por parte de la compañía prestadora de servicios, como forma de mantener un control de la calidad de todos los factores que influyen en el diseño de lechada (Guía operativa, 2019).

La cementación secundaria surge si existe la necesidad de efectuar trabajos remediales para garantizar la integridad del pozo cuando la cementación primaria no cumple con su objetivo.

MATERIALES Y MÉTODOS

Los métodos están en función de la presencia de gas en superficie, durante todas las actividades realizadas en la cementación secundaria.

1. Descripción del pozo Z

El Proyecto Pozo Z, se ubica en el estado de Tabasco y su objetivo fue incorporar reservas de hidrocarburos en los carbonatos fracturados, dolomitizados de forma parcial del Cretácico.

El estado mecánico programado para el Proyecto Pozo Z (**Figura 1**), consideraba una arquitectura robusta, para perforar hasta los 6 665.00 metros.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Durante la perforación de la etapa con tubería 26", se utilizó una barrena PDC 26" y una sarta estabilizada a 1050 metros, se terminó de perforar la etapa con fluido polimérico de 1.31 gr/cc.

Durante toda la perforación no se observaron pérdidas ni ganancias y se mantuvo un ROP promedio de 25 m/hr.

Sin embargo, durante la perforación, se presentaron manifestaciones en dos ocasiones (**Figura 2**):

- **Manifestación 1:** 380 m a 400 m. Lectura máxima de gas 50 584 ppm, lo que ocasionó una variación de la densidad de 1.31 a 1.29 g/cm.
 - **Manifestación 2:** 748 m a 765 m. Lectura máxima de gas 50 584 ppm, lo que ocasionó una variación de la densidad de 1.31 a 1.30 g/cm³
- Durante la operación de introducción de la tube-

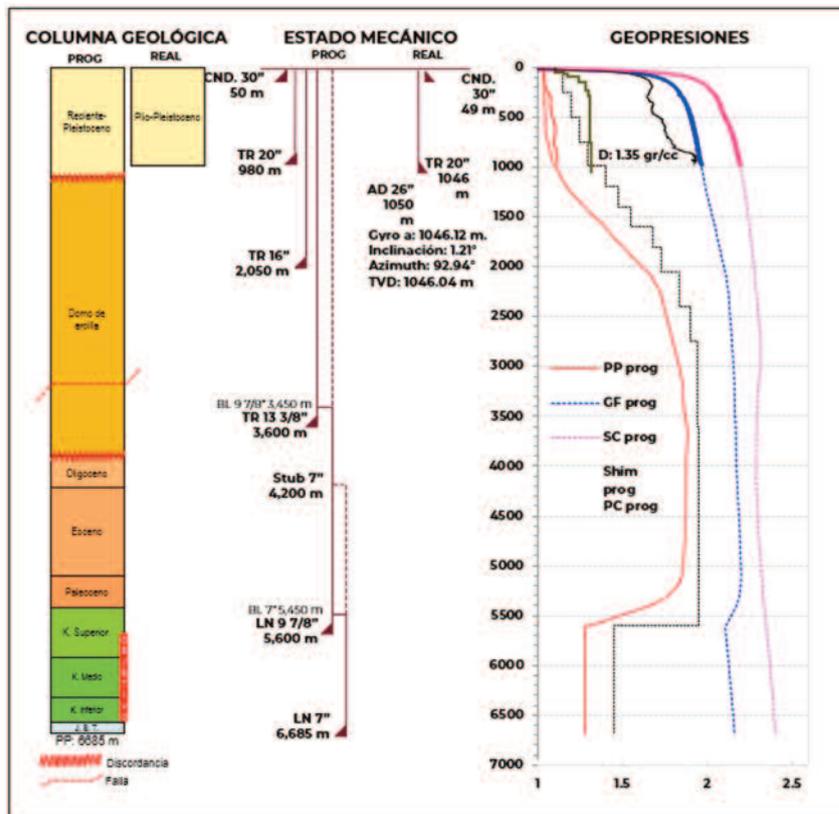


Figura 1. Estado mecánico proyecto pozo Z

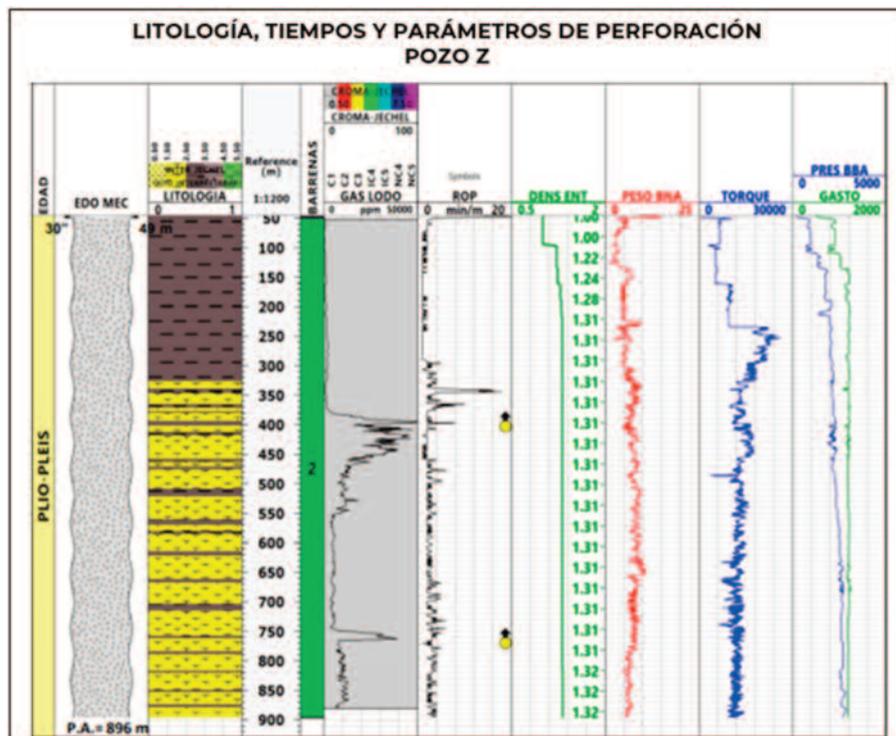


Figura 2. Manifestaciones detectadas durante la perforación etapa 26"

ría de revestimiento (TR) de 20'' no se reportó problemas operativos, la tubería superficial de 20'' 133 lb/ft, k55, TSH-ER bajó con equipo para correr tuberías de revestimiento (CRT) con rotación y circulación a 1048 m, donde se circuló homogenizando columnas con $D= 1.35 \text{ g/cc}$, se instaló la cabeza de cementar y se procedió a realizar la cementación primaria, donde se observó salir 35 m³ de cemento a superficie. Se procedió a seguir con el cambio de etapa, sin esperar fraguado.

2. Cementación primaria y anillos fallidos

El reporte de la cementación primaria de la TR 20'' se notificó como una operación satisfactoria, ya que fue realizada de acuerdo con el programa. En esta operación se realizaron las siguientes actividades:

- Bombeo 14.31 m³ (90 bbl) de bache espaciador de 1.40 g/cm³, Q= 8 bpm, Pb= 380 psi. Se liberó tapón diafragma.
- Mezcla y bombeo de 138.6 m³ (872 bbl) de lechada de llenado de 1.50 g/cm³, Q= 6 bpm, Pb= 211-274 psi.
- Mezcla y bombeo de 37.2 m³ (234 bbl) de le-

chada de amarre de 1.90 g/cm³, Q= 4-5 bpm, Pb= 540-180 psi.

- Liberación de tapón sólido.
- Se observó desplazamiento al realizar el bombeo de 1.59 m³ de lechada de 1.90 g/cm³, Q= 2 bpm, Pb= 200 psi.
- Bombeo de 1.59 m³ (10 bbl) de bache espaciador de 1.40 g/cm³, Q= 2 bpm, Pb= 150 psi.
- Bombeo de 254.4 m³ (1110 bbl) de lodo de 1.35 g/cm³, Q= 3-8 bpm, Pb= 322-1000 psi. Bombeo 10.3 m³ (65 bbl) de agua de 1 g/cm³, Q= 3 bpm, Pb= 700-770 psi, hasta acoplar tapón con presión final= 1370 psi.
- Prueba de equipo de flotación y se observó retorno de 8 bbl a cajas de la Unidad de Alta Presión (UAP).
- Se procede con seguir con el cambio de etapa.

En la gráfica de la **Figura 3** se observa esta secuencia de actividades. Se puede observar que hay circulación sin reporte de gas en superficie, así como salida de cemento a superficie.

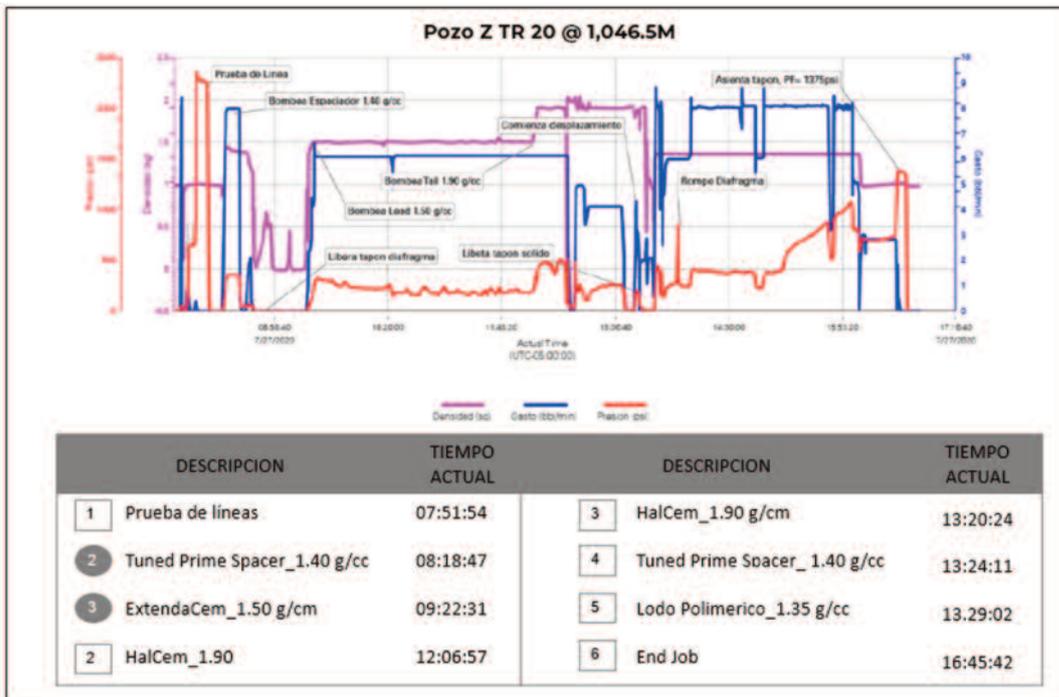


Figura 3. Operación de la cementación primaria

2.1 Burbujeo después de cementación primaria

Durante las actividades de cambio de etapa, cuando se procedió a aflojar la tornillería del diverter, se observó al pozo con escurrimiento e incremento de este. Se cerró el pozo y hubo una espera de un total de 22 horas de fraguado para 431 psi de esfuerzo compresivo en la lechada de llenado. Al finalizar se observó un escurrimiento y burbujeo en el pozo.

2.2 Colocación de primer anillo de cemento

Con el fin de reparar los problemas originados en la cementación primaria, se inicia la colocación de la cementación del 1er Anillo de cemento (**Figura 4**), en el espacio anular entre la TR de 30" y la TR de 20" se utilizó tubería macarroni de 1.25", la cual se introdujo a 17 mD, donde encontró resistencia franca, se llenó la línea superficial con 1.03 m³ (6.5 bbl) de agua fresca D=1.0 g/cc, Q=1 bpm, P= 22 psi.

Después se mezcló y bombeó 2.46 m³ (15.5 bbl) de lechada única de cemento de 1.90 g/cc, Q=1 bpm, P= 34-85 psi, y se observó lechada en superficie con una densidad máxima de 1.80 g/cc.

El trabajo finalizó cuando se realizó lavado de equipo y se esperó 6 horas de fraguado, luego se abrió diverter y se observó un anillo de cemento sin fraguar y con burbujeo constante, por lo que se procedió a cerrar pozo.

2.3 Colocación de segundo anillo de cemento

Para la colocación de la cementación 2do Top Job en anular entre TR de 30" y TR de 20" se colocó manguera metálica de 2" en claro anular a 13 m y con la unidad de alta presión (UAP) se procede con el bombeo 2 bbl de bache reactivo injectrol de 1.03 g/cc, Q= 0.5 bpm, Pb= 19 psi, se continúa con la mezcla y colocación por gravedad de lechada única de cemento de 2.02 g/cc, Q=0.5 bpm, Pb=27-38 psi y se bombea 7 bbl de lechada.

Se esperó 18 horas de fraguado, se abrió de forma controlada el pozo a través de la válvula mecánica de diverter 29 1/2" hacia presa de quema, se observó salir gas con lecturas de 80-100 % de explosividad. Se abrió por completo la válvula mecánica de diverter y observó desfogar gas y burbujeo aun constate.

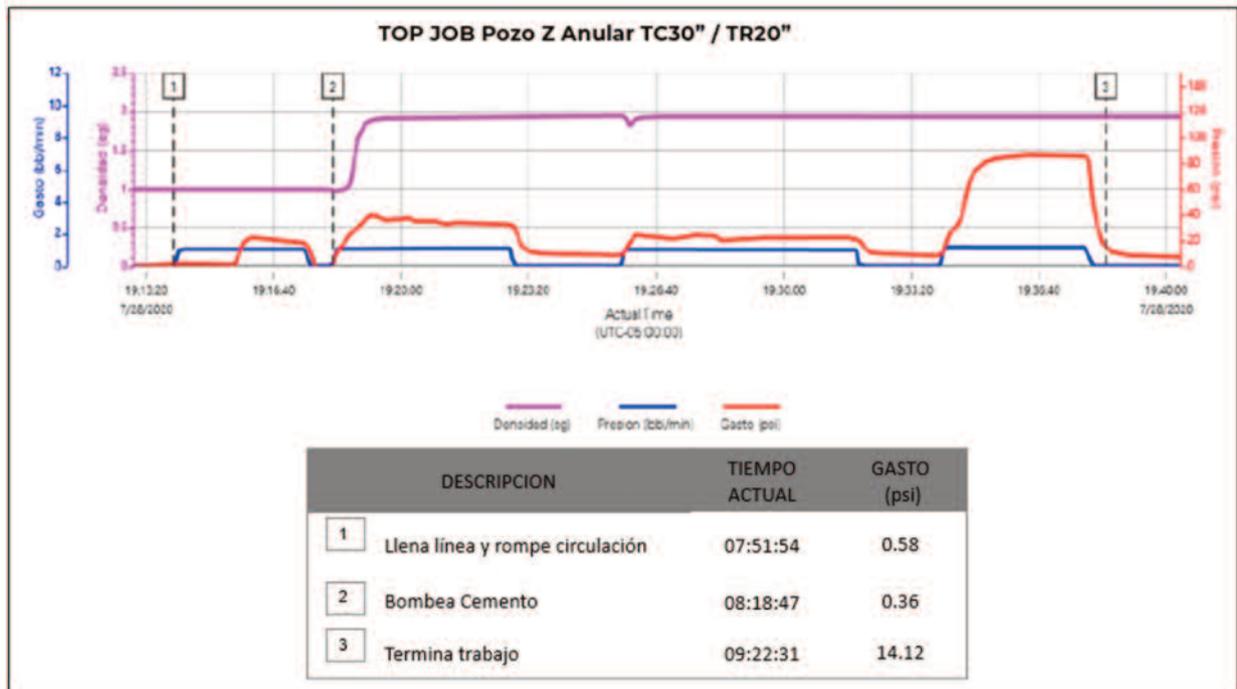


Figura 4. Operación de la colocación del primer anillo de cemento

3. Remediación

3.1 Encapsulado de contrapozo con resina epóxica de alta densidad

Para la remediación de la fuga de gas se procedió al vaciado de fluido oleoso del contrapozo, para colocación de encapsulado de resina por capas, sin embargo, se advierte que el cemento de la jaula de venteo se encuentra crackeado por diversas partes, por lo que se procedió al armado de cimbra de contención para encapsulado y recubrimiento de jaula de venteo.

Se aplicaron la primera capa con resina epóxica de calidad aeroespacial para efectuar el primer control de gas, y se observó que la derivación de gas combustible al quemador aumentó del 20 % al 80 % y una reducción de presencia de gas en el contrapozo, los tiempos de consolidación de resina fueron de 5 horas al tacto para la primera capa.

Se le aplicó 3 capas adicionales para un total de 4 capas de encapsulado total (**Figura 5**)

En la **Figura 6**, se observa el esquemático de la secuencia de actividades realizadas para la colocación de la resina, (a) se muestra cómo se encontraba el contrapozo después de las actividades de colocación de los anillos de cemento, donde todavía se tenía burbujeo en superficie. **La Figura 6 (b)** muestra la primera capa de resina sellante y alta viscosidad, mientras que en la **Figura 6 (c)**, la continuidad, con la aplicación de la resina sellante, pero una viscosidad diferente.

Finalmente, en la **Figura 7**, se aprecia el resultado final, en el que el volumen suministrado de resina para recubrimiento de jaula de venteo fue de 34.31 bbl. A este punto ya se contaba con el 100 % de flujo derivado al quemador, sin detectar presencia de



Figura 5. Encapsulado de contrapozo

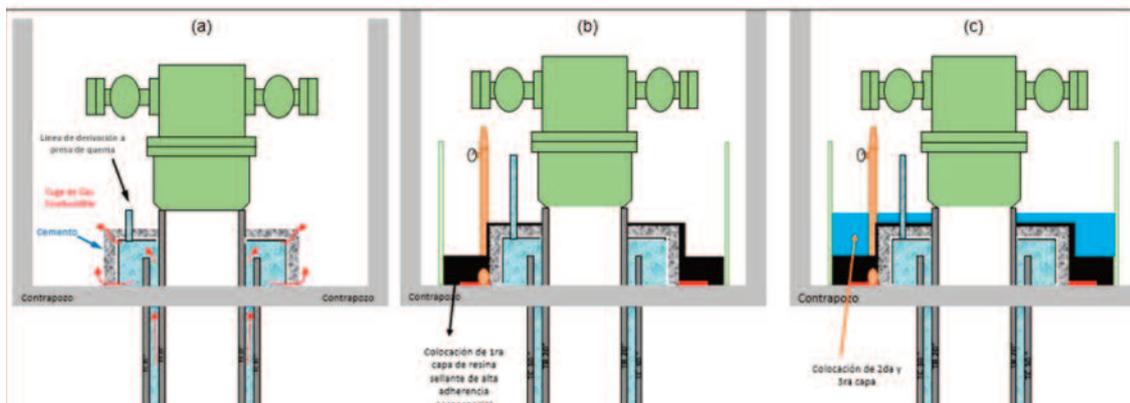


Figura 6. Secuencia esquemática de remediación con resina

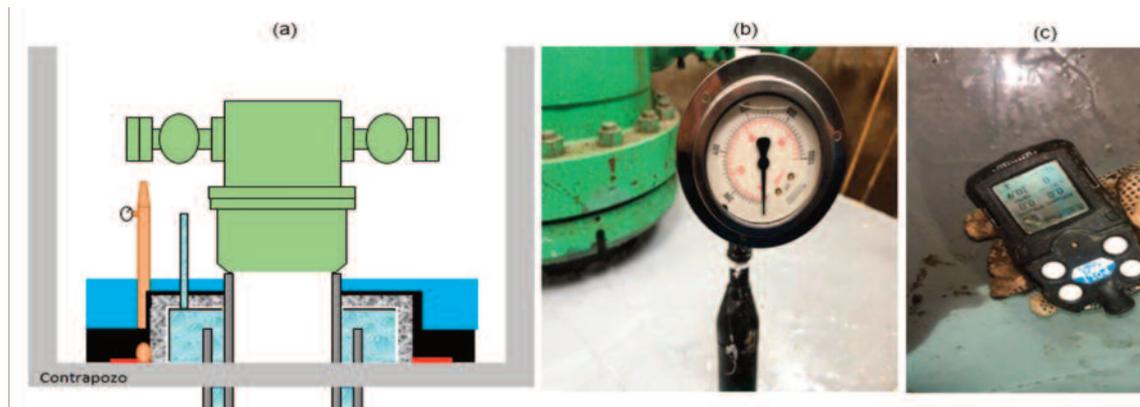


Figura 7. Verificación de la remediación con resina

gas en contra pozo, lo cual fue comprobado con la verificación de presión y presencia de gas.

3.2 Disparo *puncher*

Para cumplir con los requerimientos normativos se programó un Tapón por Circulación Inyectado (TxC), lo que inició el armado de pistola 4 5/8" OD.17c x m, F-60 y se procedió a disparar 2 m del intervalo 325-327 m con éxito. Levanto sonda a superficie y se observó el venir 100 % disparada. Al mismo tiempo con personal de operación abrió válvula hidráulica y cerró preventor ciego. Observó pozo a través del ensamble de estrangulación. Presión inicial = cero Presión final = cero. Metió Tubería de perforación (TP) a 338 m.

Se realizó prueba de admisión a 0.5 bpm donde se observó un comportamiento escalonado con tendencia a subir, hasta llegar a 290 psi con 6 bbl bombeados, con retorno de 0.5 bbl. Se realizó una segunda prueba de admisión con 0.8 bpm y se observó el mismo comportamiento escalonado, en esta ocasión llega a los 290 psi con 1.9 bbl bombeados.

Se procedió a realizar TxC inyectado a 338 m con rotación a 10 rpm, bombeó 65.54 bbl (10.42 m³) de bache espaciador $d= 1.40 \text{ g/cm}^3$, $q= 8-6 \text{ bpm}$ $pb= 410-250 \text{ psi}$. Se continuó con el programa y bombeó 67.08 bbl (10.65 m³) de lechada única $d= 1.95 \text{ g/cm}^3$, $q= 3 \text{ bpm}$, $pb= 260 \text{ psi}$. Inició el desplazamiento con 4.46 bbl (0.71 m³) de bache espaciador por detrás, $d= 1.40 \text{ g/cm}^3$, $q= 3 \text{ bpm}$ $pb= 60 \text{ psi}$ y finalizó con 13

bbl (2.07 m³) de lodo $d= 1.35 \text{ g/cm}^3$, $q= 2 \text{ bpm}$, $pb= 45 \text{ psi}$ (se desplazaron 1.98 bbl del volumen teórico de desplazamiento). Después se levantaron 5 lingadas a velocidad controlada, para quedar por encima del seno del bache espaciador y observó 5 lingadas vacías. Se conectó otra vez la UAP a TP y rompe circulación con 7 bbl, se cierra preventor y forzó un volumen total de 1.8 bbl de cemento y se logra alcanzar los 220 psi acordados. para bombeo y cierra pozo con 31 psi.

Para la realización del Análisis de Causa Raíz, se nombró este evento como «Interrupción de proceso de cambio de etapa de TR20"» por observar emanación de gas entre espacio anular de TR30" y 20", dando como resultado las siguientes causas:

- Causas físicas: Cemento sin fraguar y canalizado por presencia de gas.
- Causas Humanas: Mal diseño de las lechadas de cemento.
- Causas sistémicas: Homologación de criterios de diseño de lechada de cemento para pozos con manifestación de gas.

CONCLUSIONES

La manifestación de gas en el contrapozo «Z» fue derivado de una falla de la cementación primaria, donde se observó mala consistencia de cemento en espacio anular, por mal diseño de lechada de llenado, donde no se agregó aditivo controlador de gas, lo que ocasionó un tiempo de tránsito mayor a 45 min. y un esfuerzo compresivo menor a 500 psi en 24 horas y

provocó emanación de gas y burbujeo constante en el espacio anular TC 30" y TR 20"

Lo que deja las siguientes lecciones aprendidas:

- Agregar aditivos controladores de gas someros, en etapas superficiales con presencia de gas
- Diseño de lechadas de llenado mayor densidad de 1.50 g/cc en presencia de gas.
- Tiempos de tránsito menores a 45 min
- Lechadas de densidad que generen un mínimo esfuerzo compresivo de 500 psi en 24 horas

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Instructivo operativo para cementación de tubería

de revestimiento corrida, clave IO-SP-OP-0123-2020. Noviembre 2020, versión primera.

Guía operativa única para diseño y seguimiento a la ejecución de la cementación de pozos en Pemex Exploración y Producción (PEP), clave GO-DP-TC-0007-2019. Diciembre 2019, versión Segunda.

Fecha de recepción: 10 de mayo de 2022

Fecha de arbitraje: 30 de mayo de 2022

Fecha de aprobación: 17 de noviembre de 2022

