

Minimización de corrosión interna en pozos productores empleando inhibidores y bactericidas encapsulados

Eduardo Curci (YPF), Roberto López (YPF), Jorge Toum (YPF), Mariano Aldao (YPF), Jesús Quiroga (YPF), Marcelo Escobar (AESa)

Sinopsis

Son bien conocidos en la industria petrolera los efectos perjudiciales que se originan por daños corrosivos, tanto en instalaciones de superficie como de fondo (pozos productores e inyectores). En los pozos estos problemas se traducen en la necesidad de realizar costosas intervenciones con el consiguiente gasto en materiales, pérdida de producción y eventualmente daños ambientales. En los yacimientos de YPF en Mendoza Norte en el año 1997 comenzaron tratamientos químicos convencionales para mitigar estos daños con inhibidores de corrosión, bactericidas e inhibidores de incrustaciones.

A pesar del conocimiento del yacimiento debido a los análisis previos de los fluidos intervinientes, de las incrustaciones encontradas en las instalaciones y análisis de falla realizados luego de una intervención, en un grupo de pozos no se conseguían los resultados esperados.

Por tal motivo se decidió realizar un piloto en el Yacimiento Ugarteche que inicialmente abarcó a 5 pozos productores. El inicio fue en octubre de 2013.

Se modificaron los tratamientos pasándose de técnicas convencionales (bacheos y dosificación en continua) al empleo de productos anticorrosivos (inhibidores de corrosión y bactericidas) encapsulados. El producto empleado como biocida es dual, ya que aparte de eliminar la fauna microbiana tiene el activo para prevenir la precipitación de incrustaciones.

Este tipo de tratamiento se recomienda cuando el pozo tiene packer, el cual no permite un tratamiento convencional, hay presencia de gas o cuando los tratamientos convencionales (bach o continua) no dan los resultados esperados.

Debido al éxito obtenido, inmediatamente se extendió el piloto abarcándose 15 pozos productores en los yacimientos de YPF en Mendoza Norte.

Se realiza un seguimiento de los tratamientos midiendo residuales de los productos, contenido de hierro y bacterias sulfatorreductoras. Este monitoreo permite conocer el momento en que debe repetirse la aplicación por haberse agotado el producto encapsulado.

Los pozos previo al agregado de los anticorrosivos encapsulados tenían un índice de frecuencia de 2,05 intervenciones/año. Luego de los tratamientos el índice de frecuencia fue de 0,93 intervenciones/año.

Los resultados obtenidos con este tipo de productos muestran una mejora en el índice de frecuencia del 55%

Debido al éxito obtenido se continuará aplicando esta tecnología, ampliándose el número de pozos productores en los yacimientos de YPF en Mendoza Norte.

Introducción

Los yacimientos explotados por YPF en Mendoza Norte (Barrancas, Ugarteche, La Ventana y Vizcacheras) tienen las características de muchos de los campos petroleros maduros del mundo.

Se caracterizan porque los pozos petroleros producen por distintas capas (multicapa), están afectados desde hace más de 4 décadas a la influencia del agua inyectada por recuperación secundaria y tienen un alto grado de salinidad (varía entre 20 a 100g/l).

Otra característica importante que define la extracción de esta zona es el alto grado de corte de agua, en general superior al 85 %.

La temperatura de fondo de los pozos es de alrededor de 100 °C, con pozos entre 2200 a 3200 metros de profundidad.

Lo mencionado precedentemente explica que en estos campos haya una interesante y variada problemática referida al tema de incrustaciones y en estos yacimientos son comunes los problemas de corrosión microbiológica.

La explotación multicapa, junto a la gran cantidad de años de inyección de agua por secundaria han favorecido mezclas de aguas que en muchos casos son incompatibles, generando deposición de sólidos que se incrustan en las instalaciones de superficie y de fondo. Además del problema originado por las incrustaciones, si los sólidos se depositan sobre biofilm, producto de la actividad bacteriana se favorece la corrosión bajo depósito. Las bacterias sulfaorredutoras (BSR) por su metabolismo reducen al sulfato presente, generando corrosión sulfhídrica. Además la deposición de sólidos, como incrustaciones, generan un ambiente anaeróbico, que es la situación perfecta para que prosperen las colonias de BSR.

En el año 1997, se realizaron los primeros contratos con compañías proveedoras de productos químicos. Hasta esa fecha sólo se compraban productos químicos que eran agregados en los pozos por el propio personal de YPF. Desde el año 1997 en adelante se generan contratos que aparte del agregado del producto, las compañías contratistas debían proveer el servicio completo (provisión de bombas, realizar las dosificaciones en cada pozo y distribuir e inyectar en el pozo cada aplicación solicitada por YPF). Los productos a agregar pretendían mitigar la corrosión (bactericidas e inhibidores de corrosión), minimizar el efecto de precipitación de incrustaciones (inhibidores de incrustaciones). Además se agregaban productos para mejorar la extracción y asegurar el flujo (desemulsionantes, reductores de fricción, inhibidores de asfaltenos e inhibidores de parafinas).

Los agregados de los productos químicos realizados por las empresas contratistas seguían un esquema tradicional. Se agregaban por batch o en continua, dependiendo del químico utilizado.

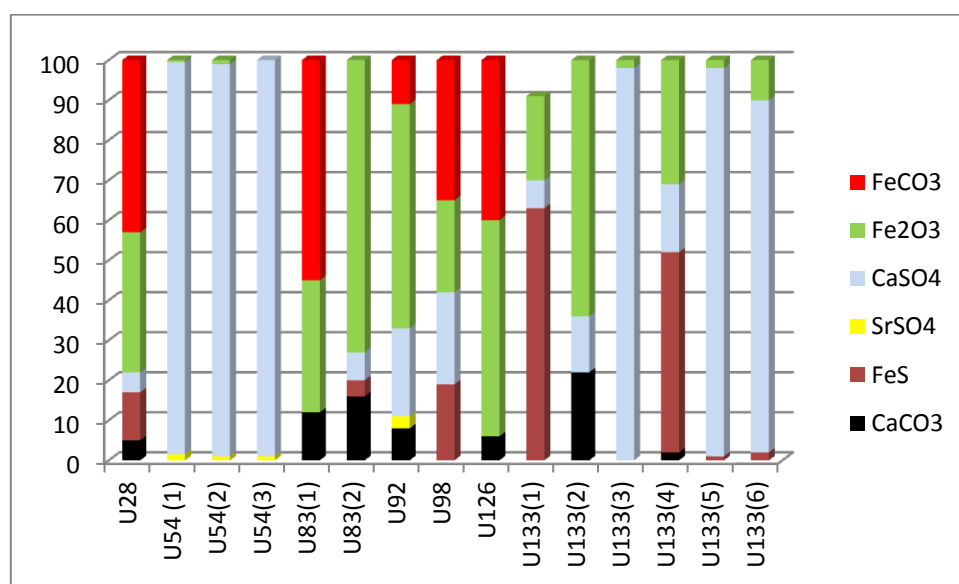
A su vez YPF se ocupaba del seguimiento de la performance de cada tratamiento y de realizar todos los análisis químicos, tanto de las aguas del sistema como de las incrustaciones que aparecían en los distintos pozos. Se prestaba especial atención a los parámetros relacionados con efectos corrosivos, ya sea por CO₂ o H₂S (en general este tipo de corrosión va asociado a problemas microbianos, generalmente BSR).

A partir de esta información que le era suministrada a la empresa contratista se podían diseñar los tratamientos químicos más efectivos.

En general en tres de los cuatro yacimientos de YPF en Mendoza Norte los tratamientos daban buenos resultados, mejorando los índices de intervenciones, haciendo la comparación de los pozos productores antes y después de los tratamientos. Sin embargo en uno de los yacimientos, Ugarteche, los resultados en varios de los pozos tratados no eran satisfactorios. La característica de este yacimiento es que son pozos profundos, poco caudal y alta temperatura de fondo.

Desde el año 1998 se lleva un registro detallado de las incrustaciones que han aparecido en las intervenciones de los pozos productores. Conociendo los sólidos que se depositan es posible determinar cuáles son los problemas que han originado la intervención. A continuación se muestra un gráfico donde se pueden apreciar las distintas incrustaciones que han aparecido en los pozos productores del yacimiento Ugarteche.

Gráfico 1. Incrustaciones pozos productores Ugarteche



La aparición de FeS indica un posible problema de corrosión bacteriano (BSR producen H₂S que en presencia de Fe da el precipitado de FeS), también se aprecia otros productos de corrosión como FeCO₃ y Fe₂O₃. Se observa presencia de CaSO₄, CaCO₃ y en algunos pocos casos SrSO₄. Debajo de estos sólidos puede producirse corrosión bajo depósito. En el yacimiento Ugarteche, a diferencia de otros yacimientos en la zona operados por YPF (Vizcacheras y La Ventana) no han aparecido incrustaciones de sulfato de bario.

Desarrollo

Buscando una solución al problema de poca efectividad en los tratamientos químicos de los pozos productores de Ugarteche se decide emplear inhibidores encapsulados. En una primera etapa desde el año 2009 hasta el año 2013 se utilizan únicamente inhibidores de incrustaciones encapsulados. A partir del año 2013 comienzan a utilizarse productos encapsulados de 3 tipos para prevenir incrustaciones, minimizar la corrosión por CO₂ y además se utilizan biocidas. También se utiliza un producto dual que actúa como biocida y como inhibidor de incrustaciones.

Este tipo de productos consisten en polímeros cuyas materias activas están encapsulados en perlas, las que están en una salmuera líquida.

El principio del funcionamiento de esta tecnología es que la materia activa encapsulada se vaya liberando lentamente de modo de tener durante largos períodos de tiempo concentración de los inhibidores o bactericidas en el fondo del pozo y estos productos lentamente son arrastrados a la superficie. Así se obtiene una protección continua y se minimizan los efectos corrosivos y de deposición de incrustaciones.

Esta tecnología de aplicación es utilizada cuando

1-Los pozos tienen packer y no pueden ser tratados de modo convencional

2-Los pozos productores tienen mucho gas, lo que hace a veces ineficiente un agregado de producto químico en forma convencional

3-Por alguna causa (a veces conocida a veces desconocida) los tratamientos tradicionales bach y continua fracasan.

La aplicación de productos encapsulados en pozos productores en los yacimientos operados por YPF en Mendoza Norte puede dividirse en 3 etapas.

Inicialmente se trabajaron con productos que únicamente prevenían incrustaciones. Esta etapa ocurrió entre los años 2009 a 2013.

En esta etapa, aplicación de inhibidores de incrustaciones encapsulados, hubo una mejora en el índice de frecuencia de intervenciones por causa de incrustaciones del 83 %, ya que se pasó de una frecuencia de 2,91 intervenciones por año a 0,49 intervenciones por año. El éxito de estos tratamientos motivó a que se ampliara esta técnica con inhibidores de corrosión y bactericidas.

La segunda etapa, ocurrida entre los años 2013 y 2014, abarcó un piloto con 5 pozos de Ugarteche, en donde se utilizaron 2 tipos de productos encapsulados. El primero era para inhibir la corrosión carbónica y sulfhídrica y el segundo era un producto dual que tenía propiedades bactericidas y era además un inhibidor de incrustaciones.

Debido al éxito del piloto de la etapa anterior se inicia una tercera etapa donde se utilizan todos los productos de las primeras dos etapas, principalmente en los yacimientos de Ugarteche y Barrancas. En pocos casos se utilizan en el yacimiento de La Ventana.

Resultados

Los resultados obtenidos con la aplicación de inhibidores de incrustaciones encapsulados permitieron continuar este tipo de aplicación, incluyendo productos específicos para mitigar la corrosión.

La segunda etapa, primera utilizando productos anticorrosivos y bactericidas, consistió en un piloto con 5 pozos productores (U133, U126, U28, U98 y U92) del yacimiento Ugarteche.

Entre los 5 pozos sumaban 23 intervenciones por corrosión en 18 meses.

Frecuencia intervenciones 3,07 int./año.

En cada pozo se dosifica un tambor de inhibidor de incrustaciones y otro del producto dual bactericida/inhibidor de incrustaciones.

Se realizaron monitoreos de BSR antes y después del agregado del biocida.

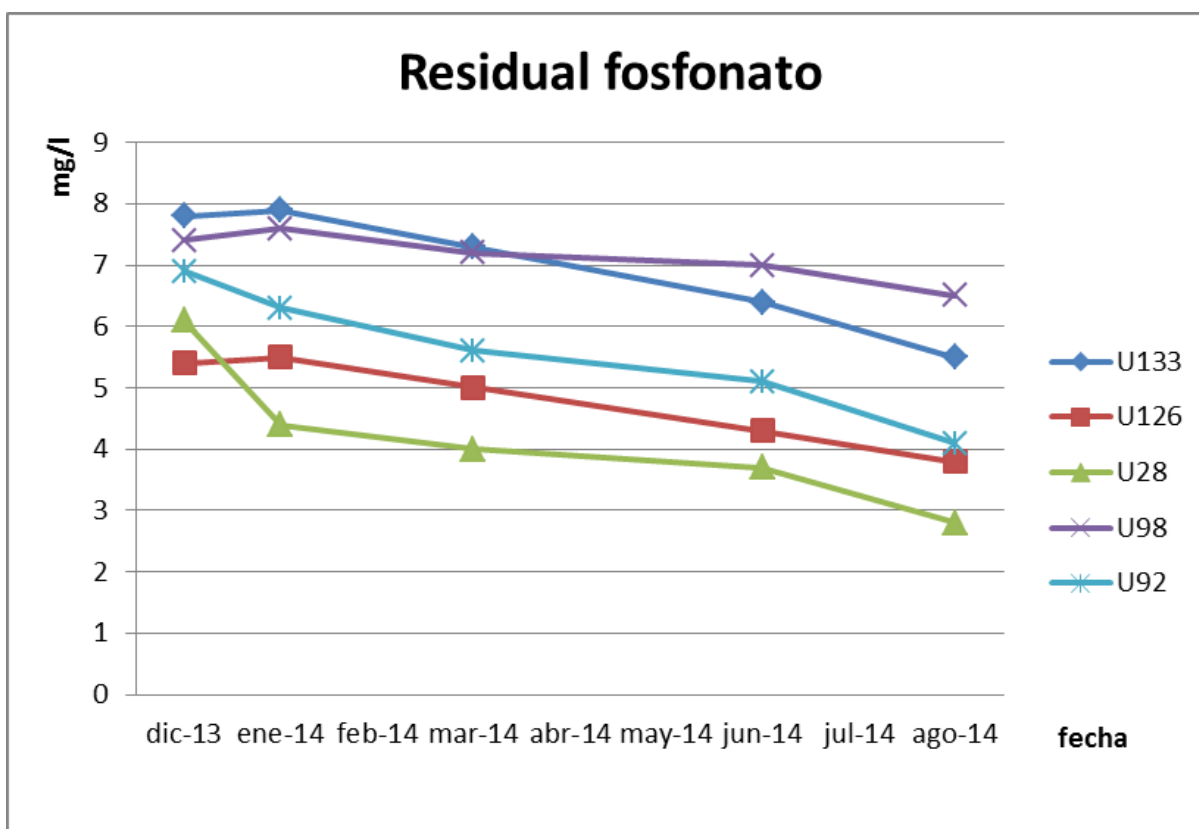
Una vez agregado los productos se realiza el seguimiento de BSR y residual de inhibidor de incrustaciones (fosfonato).

A continuación se presentan la tabla 1 con el monitoreo de BSR y el gráfico 2 con el seguimiento de la materia activa del inhibidor de incrustaciones (fosfonato).

Tabla 1. Seguimiento BSR

	oct-13	feb-14	abr-14	ago-14
U133	>6	1	-----	1
U126	5	1	1	1
U28	6	0	1	1
U98	5	1	0	1
U92	>6	2	1	1

Gráfico 2. Residual fosfonato



Transcurrido un año de las aplicaciones hubo 5 intervenciones cuya causa fue corrosión.

Hubo 1 intervención en cada uno en los pozos productores.

Frecuencia: 1,00 int./año.

Mejora en el índice de frecuencia 67 %.

Debido a los promisorios resultados se deciden ampliar a otros yacimientos estos tratamientos.

Se incorporan 10 pozos productores a los 5 iniciales.

En la tabla 2 se muestran los análisis microbiológicos (BSR) de estos pozos, antes y después de los tratamientos.

Tabla 2. Seguimiento BSR nuevos pozos

	Previo inicio	nov-15	feb-16	may-16	ago-16	Inicio tratamiento
RV 7	3	1	2	1	2	17/02/2014
VM 48	4	1	0	parado	parado	21/09/2015
VM 122*	1	0	1	1	0	22/09/2015
PB 188	5	1	0	0	1	06/10/2015
U 140	4	-----	1	1	1	06/11/2015
LC 37	3	-----	0	1	1	26/01/2016
B38	4	-----	-----	1	1	09/03/2016
LC 14	4	-----	-----	1	1	09/03/2016
VM 193	Sin datos				Sin datos	18/05/2016

*se agregó solo inhibidor de corrosión

**se agregó solo bactericida

Los resultados de estos nuevos pozos productores, sumados a los 5 tratamientos iniciales en Ugarteche mostraron una mejoría del 55 % en el índice de frecuencia de intervenciones. Antes de los tratamientos en 269 meses hubo 46 intervenciones. Frecuencia 2,05 int/año en los pozos considerados. Después de los tratamientos en 219 meses hubo 17 intervenciones. Frecuencia 0,93 int/año. Mejora 55 %

Conclusiones

*Esta forma de realizar los tratamientos para mitigar la corrosión en pozos productores permite disminuir notablemente el índice de frecuencia de intervenciones.

*Antes del inicio de los tratamientos la frecuencia fue de 2,05 int./año.

*Una vez realizados los tratamientos la frecuencia fue de 0,93 int./año.

*La disminución fue del 55 % comparando los pozos antes y después de los respectivos tratamientos.

*Se consiguió un notable ahorro económico debido a la disminución en la cantidad de intervenciones, evitándose además pérdida de producción por parada de pozos mientras son intervenidos.

*Los beneficios económicos obtenidos permitirán ampliar en los próximos meses la cantidad de pozos que serán tratados con inhibidores de corrosión y biocidas encapsulados.

Bibliografía

*Laboratory Screening Tests to Determine the Ability of Scale Inhibitors to Prevent the Precipitation of Calcium Sulfate and Calcium Carbonate from Solution (for Oil and Gas Production Systems)-NACE International Test Method TM0374-95

*Development and Application of Accurate Detection and Assay Techniques for Oildfield Scale Inhibitors in Produced Water-G.M. Graham , K.S. Sorbie, L.S. Boak, K. Taylor, and L.Billie-SPE 28997 (1995)

*Bacteria and Microbiologically Induced Corrosion Control in Unconventional Gas Field. C.Kuijvenhoven, W. Hongwei. 11236 NACE Conference Paper (2011).

*A Feasibility Study of Mixing Disposal Water with Aquifer Water for Downhole Injection. K.U.Raju, H.A.Nasr-El-Din, T.A.Al Shafai. 81449-MS SPE Conference Paper (2003).

*Innovate Method to Mix Corrosion Inhibitor in Emulsified Acids. A.Al-Zaharani. 16946-MS IPCT Conference Paper (2013).

*Enhancing Batch Chemical Efficiency: Field Trail Results on Inhibitor Transport of Extended Release Corrosion Inhibitors. S.Cambell, D.Stegmann, R.Schofield. 04368 NACE Conference Paper (2004).

* Field Evaluation Of An Encapsulated Time-Release Corrosion Inhibitor. S.Weghorn, C.Reese, B.Olliver. CORROSION 2007, 11-15 March, Nashville, Tennessee. NACE-07321.

*Foam Sticks Application to Increase Production and Encapsulated Inhibitors to mitigate Corrosion and Scale Formation. D.Watson, M.Kahn,M.Qureshi. 156213-MS SPE Conference Paper (2011).

*Encapsulated Scale Inhibitor Treatment. J.S.Al-Thuwaini, B.J.Burr. 37790-MS Conference Paper (1997).

* Encapsulated Scale Inhibitor Treatment experience in the Ghawar Field, Saudi Arabia. J.F.Hsu, A.K.Al-Zain, K.U.Raju, A.P.Henderson. 60209-MS SPE Conference Paper (2000).

*Scale Prediction , Measurement and Control in a Subsea Satellite Field-R.J. Wright, J.R.F. Hall-SPE 27606 (1994)

*Why Scale Forms and How to Predict it-J.E. Oddo, and M.B. Tomson -SPE-21710 (1991)

*Effective Treatment of Subsea Wells with a Solid Scale Inhibitor System. H.M. Bourne, S.M. Heath, S. McKay, TR Oil Services; J. Fraser, L. Stott, S. Müller, Total Oil Marine plc. SPE 60207-MS (2000)

*Enhanced Scale Inhibitor Performance through Utilization of End Capped Technology. Niall Fleming, Gillian Ross, and Claire Hobden, MI Production Chemicals. NACE 04387 (2004)

*Downhole Scale Management in Gorm, Dan and Halfdan, and Implications to Industry Trends-T. Jones, J.Kolding and H.H. Kogsboll-SPE 100508 (2006)

*How Minimum Concentration (MIC) and Sub MIC Concentrations Affect Bulk Precipitation and Surface Scaling Rates-A.L. Grahon, L.S. Boak and K.S. Sorbie-SPE 93311 (2006)

*Applied Water Technology-Dr. Charles C. Patton (1995)

*Recommended Practice for Analysis of Oilfield Waters- Recommended Practice 45 (1998)-API Exploration and Production Department (1998)

Curriculum autores

Eduardo Curci

Licenciado en Ciencias Químicas, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Universidad de Buenos Aires.

Ingeniero Ambiental, Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Cuyo.

Desde 1982 a la fecha realicé mi carrera en YPF.

Actualmente trabajo como Ingeniero de Integridad y Corrosión.

Jorge Toum

Ingeniero químico, recibido en la Universidad Tecnológica Mendoza.

Ingeniero de Producción en Yacimiento Barrancas Mendoza, YPF.

Mariano Aldao

Ingeniero de Producción en Yacimiento Barrancas Mendoza, YPF

Jesús Quiroga

Ingeniero de Producción en Yacimiento Barrancas Mendoza, YPF

Roberto López

Jefe de Ingeniería de Integridad y Corrosión. Yacimientos de YPF Mendoza Norte y Malargüe.

Marcelo Escobar

Jefe de Laboratorio de AESA en Yacimientos de Mendoza Norte de YPF.