

OPTIMIZACIÓN DE MATERIALES AFECTADOS POR CORROSIÓN BACTERIANA EN SISTEMAS DE RECUPERACIÓN SECUNDARIA

**Sandro M. Nicolino, Rodolfo Tapia, Fabián Benedetto
Siderca -Tenaris**

Abstract:

Las condiciones físico-químicas generadas durante el proceso de inyección de agua durante el método de Recuperación Secundaria inducen a un ambiente propicio para el desarrollo y el posterior crecimiento de una biopelícula (biofilm) capaz de modificar la interfase sustrato-electrolito, ocasionando numerosos problemas en los Yacimientos como ser corrosión por formación de celdas de concentración iónicas, ensuciamiento biológico (biofouling), incremento del coeficiente de fricción con el consecuente incremento en la energía de bombeo, etc.

En este trabajo se expondrá la metodología de análisis que Siderca Tenaris ha realizado o realiza en los distintos yacimientos de Argentina con el propósito de mitigar problemas asociados a microorganismos y aumentar la vida útil de los materiales afectados por estos problemas.

Entre los principales problemas observados se encuentran:

- Corrosión en las instalaciones selectivas
- Incremento en la concentración de H₂S (In Situ Souring Reservoir)
- Ensuciamiento biológico (Biofouling)
- Corrosión en instalaciones de superficie (ductos, líneas by-pass, tanques de almacenaje, filtros, etc)

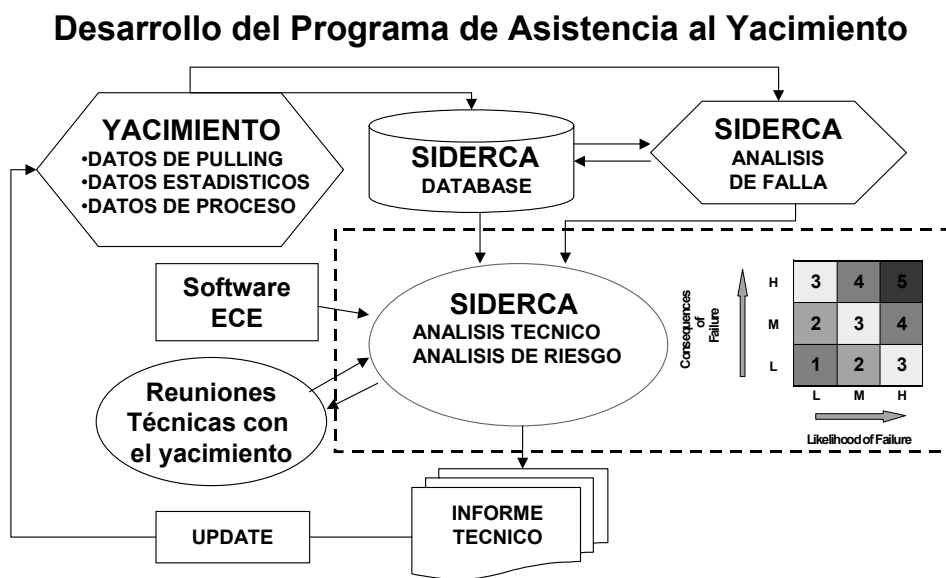
Cada uno de estos problemas tiene características particulares, por ejemplo, en instalaciones selectivas el ataque se focaliza en zonas de entre columnas (dead legs) pudiendo ser interno o externo en el tubing, mientras que, en líneas de conducción la corrosión por lo general es "Bajo depósito" debido a estratificación acuosa y depósitos de sedimentos. En ambos casos, la morfología del ataque generalmente es del tipo picado (Figuras 1 a 3)

1- Introducción

Teniendo en cuenta la sumatoria de factores que pueden promover corrosión microbiológica en las operaciones de recuperación secundaria, como ser: velocidad de flujo, temperatura, contenido de oxígeno, composición química del agua de inyección, pH, fuente de nutrientes, etc. se desarrolló junto con el personal de los yacimientos un programa de análisis para optimizar el consumo de materiales relacionados con esta operación, el cual se detalla a continuación:

- Análisis de fallas con la asistencia de microscopía óptica, electrónica y difracción por Rayos "X"
- Identificación y posterior análisis de "Pozos problemas" permitiendo detectar las zonas mas afectadas del yacimiento
- Mapeo de los niveles de corrosividad
- Reuniones periódicas de discusión técnica
- Análisis de alternativas de uso de nuevos productos y métodos de control

El Diagrama de flujo de la metodología seguida entre Siderca y las operadoras se muestra en el siguiente esquema:



2-Desarrollo del programa de análisis

A continuación se describen los puntos más relevantes en el programa de análisis para la optimización de materiales:

2-1 Análisis de falla

Una vez ocurrida la falla en el yacimiento, el personal envía la muestra a los laboratorios de Siderca con el propósito de evaluar la/s causas que produjeron el evento, evitando el menor manipuleo posible de la muestra, como ser limpieza física o química, corte con líquidos refrigerantes, contaminación por embalaje o durante el envío, etc. También se envían junto con la muestra la ubicación de la misma en la instalación y las condiciones de operación a las que estuvo expuesto el material como ser temperatura y presiones de trabajo, análisis químico y bioquímico del agua de inyección, velocidad de flujo, gases corrosivos disueltos en el agua (CO_2 , H_2S , O_2)

Una vez en el laboratorio se evalúan las propiedades mecánicas y químicas del material enviado, con el propósito de encontrar una relación entre la falla y las propiedades del mismo. Paralelamente se comienza un estudio sobre el posible origen de la falla, si el origen fue de carácter corrosivo, se analizan si las condiciones ambientales a la que estuvo expuesto el material pudieron producir corrosión orgánica o inorgánica. También se utilizan para el mismo propósito una o la suma de las siguientes técnicas:

- Análisis cualitativo de los productos de corrosión e incrustaciones: utilizando reacciones colorimétricas sobre los productos adheridos a la superficie del material como por ejemplo determinación de sulfuros de hierro por medio del reactivo de Baroid, determinación de carbonatos por la reacción con el ácido clorhídrico, etc
- Difracción por rayos X (DRX) y microscopía electrónica (SEM-EDX), también utilizados como análisis cuantitativo de incrustaciones y productos de corrosión.
- Microscopía óptica para el análisis de la morfología del ataque corrosivo, análisis de la microestructura; limpieza microinclusionaria y tamaño de grano de la zona cercana a la falla y de la zona alejada a la misma.

Respecto al análisis por morfología de la zona afectada por corrosión es importante mencionar que la presencia de corrosión localizada en forma de picado con proyección en forma escalonada, túneles o taza de acuerdo a lo descrito por Joe Boivin¹, conteniendo productos de corrosión en su interior como ser sulfuro de hierro, puede indicar que el proceso corrosivo fue inducido por actividad microbiana (Figuras 2 y 3).

Los análisis microbiológicos como ser la determinación del biofilm por sistemas de monitoreo “side stream” o “in-situ” (Figuras 8 y 9), o por el conteo bacteriano son realizados por el personal del yacimiento, evitando de esta manera el transporte de la

muestra con el consecuente deterioro de las condiciones ambientales que permitieron el desarrollo microbiano en el pozo.

Finalmente el informe de falla se emite con conclusiones parciales, las cuales se cierran con posteriores reuniones técnicas entre el personal de Siderca y el personal del yacimiento en el proceso de retroalimentación denominado “up-date” en el flujograma de trabajo.

2-2 Identificación y análisis de los pozos problemas

La influencia del método de recuperación secundaria, con un fluido contaminado con bacterias del tipo reductoras de sulfatos (BSR) trae aparejado con el tiempo también problemas de corrosión bacteriana en instalaciones de producción y en línea de conducción..

Con el propósito de identificar los pozos considerados “ problemas”, se analiza la siguiente información relevada en el yacimiento:

- Evolución del consumo de materiales (Figura 4)
- Incremento en la concentración de H₂S en los pozos productores (Figura 5 y 6)
- Reportes de pullings, costos de los mismos.
- Resultados del monitoreo de la calidad del agua de inyección y del agua producida
- Costos de materiales y químicos
- Número de intervenciones que ha sufrido cada pozo
- Pérdida de producción o pérdida de inyectividad

Mediante el monitoreo de las condiciones físico-químicas y bioquímicas del agua de inyección y de producción realizado por el personal del yacimiento, se obtienen los siguientes datos:

- Evolución de la concentración de Hierro
- Contenido de sólidos e hidrocarburos disueltos
- Conteo bacteriano y monitoreo del biofilm, este último por medio de dispositivos “side stream” o dispositivos “in-situ.

Estos parámetros junto con la evolución del consumo de materiales y reportes de pulling son analizados en reuniones multidisciplinarias con el propósito de determinar el conjunto de pozos sobre los que se va a trabajar.

La información arriba mencionada se complementa con el mapeo de corrosividad por H₂S en los pozos productores , ya que un incremento de la concentración de este gas puede indicar actividad microbiológica con el riesgo asociado de reservoir souring, taponamiento de pozos (biofouling) y problemas de seguridad inherentes a la toxicidad del gas Sulhídrico.

Posteriormente, con las conclusiones parciales de los análisis de falla realizados en los laboratorios de Siderca, junto con la evolución del consumo de materiales y el análisis del

nivel de corrosividad del yacimiento se organizan reuniones técnicas, en las cuales también se evalúan los resultados del monitoreo in situ, como por ejemplo la eficiencia del biocida, resultados de cupones de corrosión, análisis microbiológicos y otras operaciones que solo pueden ser realizadas in situ, sin alterar las condiciones que permiten el desarrollo de microorganismos.

2-3 Análisis de alternativas

Entre las alternativas a evaluar se mencionan :

- Selección de nuevos productos
- Criterios de diseño
- Alternativas del método de inhibición y biocida
- Mantenimiento de ductos limpios (pigging)

Respecto al primer punto, nuestra experiencia en Argentina indica que la gran parte de los problemas de corrosión microbiológica son independientes de la historia termomecánica del sustrato en lo que se refiere a aceros al carbono de baja aleación, por tal motivo el uso de recubrimientos a resultado ser la mejor alternativa técnica-económica (Figura 7), aplicado en aquellos sitios donde la posibilidad de una operación de limpieza del ducto junto con la aplicación del biocida se hacen difíciles por problemas de acceso.

Respecto a la evaluación del diseño se recomienda focalizar la atención a las zonas de particular susceptibilidad a problemas de biocorrosión mencionadas por Stein² como por ejemplo:

- Zonas estancas (dead legs) o debajo de incrustaciones (scaling)
- Regiones con velocidad de flujo menor a 5 ft/s o stanco
- Areas de pH menor a 10.5
- Temperatura menores a 99°C
- Lugares con disponibilidad de nutrientes para el desarrollo de microorganismos
- Diferentes momentos en operaciones como ser mantenimiento y paradas de planta.

Otra alternativa desde el punto de vista de diseño es evaluar la posibilidad de limpieza mecánica en los ductos (pigging), removiendo el biofilm formado sobre la superficie del sustrato, tal como lo recomienda H. Videla³ **“Prevenir es mejor que curar, limpiar es lo máximo”**

También es importante consensuar con el personal del yacimiento y la compañía de químicos la evolución de los inhibidores de corrosión y biocidas en función de los eventos corrosivos detectados. Para ello, se realizan reuniones con dichas compañías y los laboratorios involucrados donde se consensua:

- Metodologías de trabajo
- Puntos de dosificación de inhibidores de corrosión y bactericidas

- Normas a aplicar en el monitoreo de las diferentes variables
- Variables a ser monitoreadas (SH_2 , CO_2 , BSR, pH, etc)

Bibliografía

- 1-Joe Boivin, Cormetrix Ltd. 56 Hawkwood Pl. N. W., Calgary, Alberta T3g 1X6, Canada
- 2-Stein, A. A., MIC in the power industry, in A Practical manual on Microbiologically Influenced Corrosion, Kobrin, G., Ed., NACE International, Houston, TX, 1993, Chapter 3.
- 3-Hector A. Videla., Manual of Biocorrosión
- 4-Susan Watkins Borenstein., Microbiologically Influenced Corrosion Handbook

FIGURAS

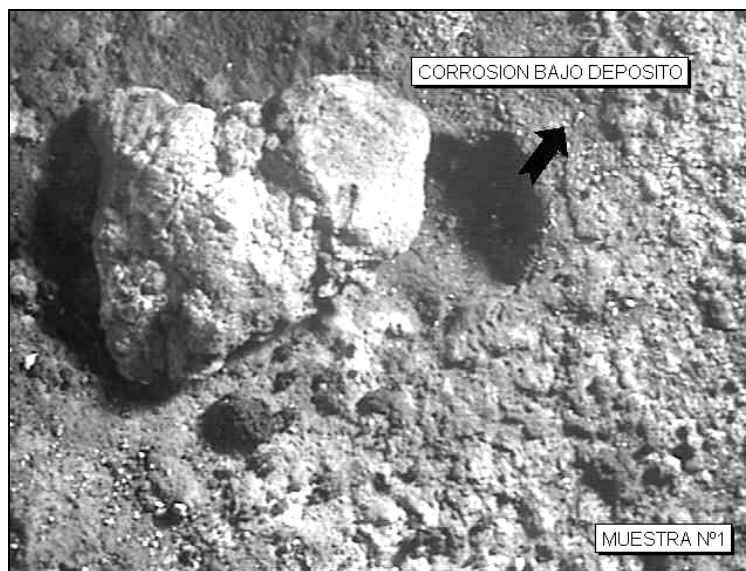


Figura 1
Ataque corrosivo bajo depósitos incrustantes



Figura 2
Ataque corrosivo con morfología de picado
en forma de taza



Figura 3
Corte transversal de un pit en forma de taza
Donde se puede apreciar progresión hacia el espesor del tubo en forma de escalones

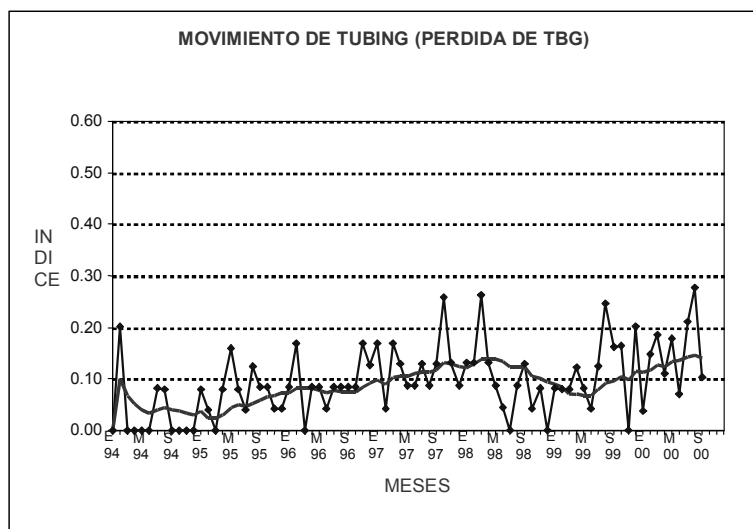


Figura 4
Evolución del consumo de materiales
Relevado en el yacimiento

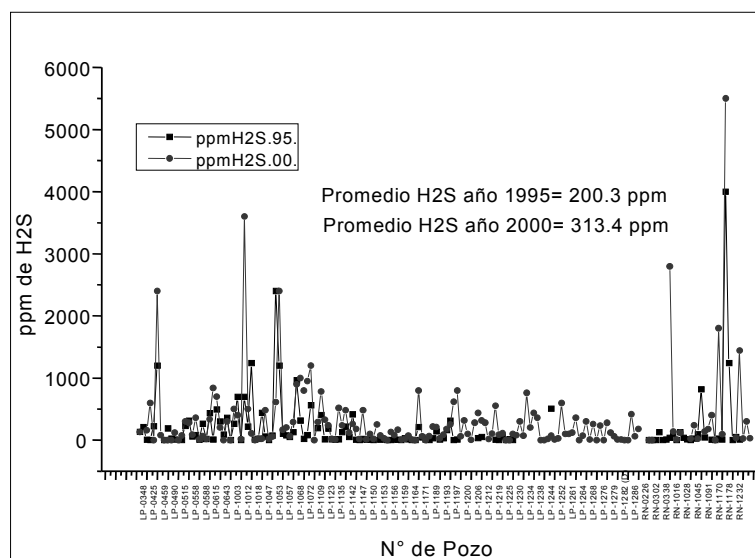


Figura 5
Evolución de la concentración de gas Sulfhídrico
en un período de cinco años

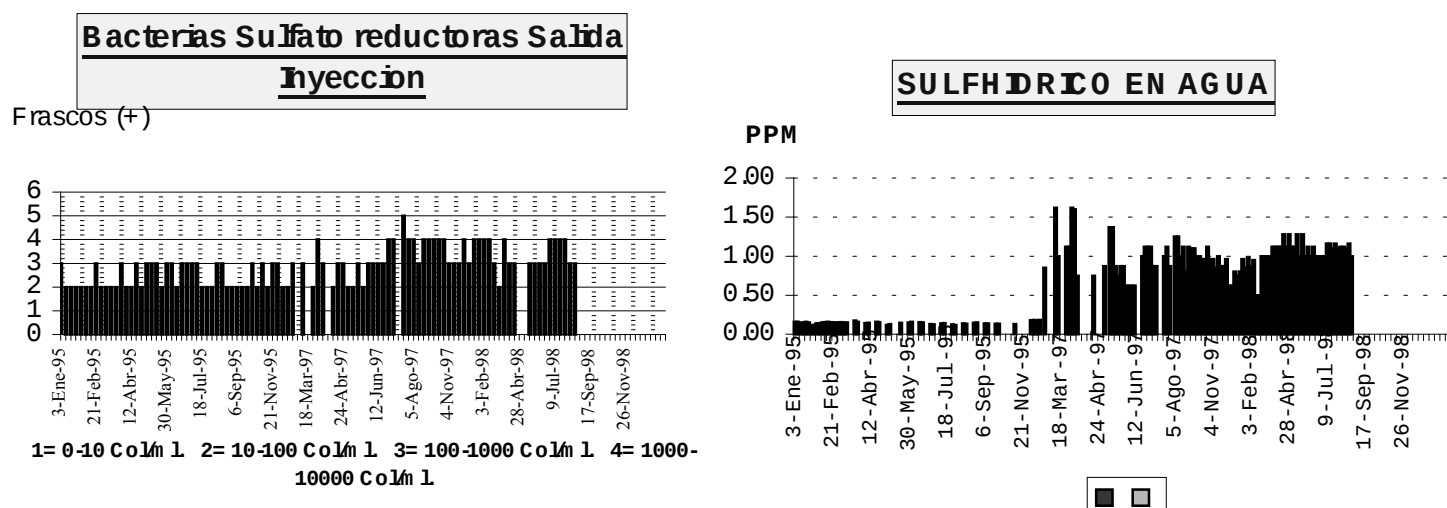


Figura 6
Evolución de la concentración de gas Sulhídrico y bacterias SRB en una planta de inyección

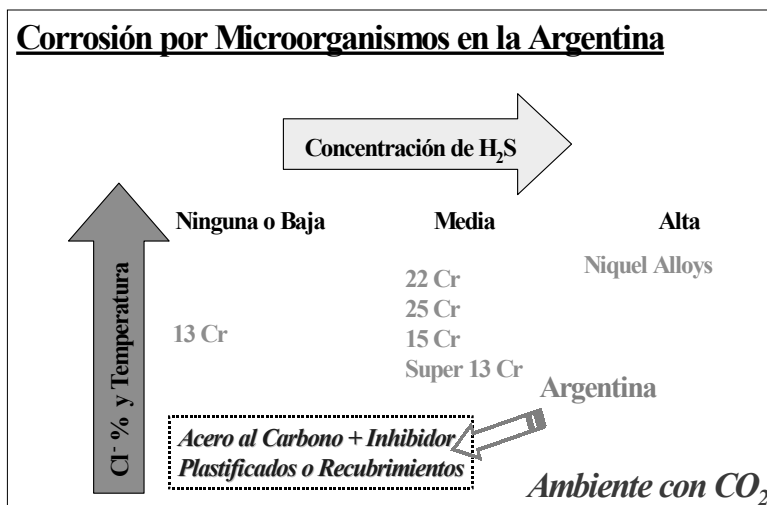


Figura 7
Alternativas de nuevos productos en Argentina

