



## Tecnología para Caldera 3D TRASAR destacando el Monitor Nalco para Estrés por Corrosión para el control de la corrosión pre-caldera.

### Tecnología de Caldera 3D TRASAR

- Detecta variabilidad del sistema
- Determina y ejecuta la respuesta adecuada
- Entrega resultados medibles

### ¿Qué es el Monitor de Estrés por Corrosión Nalco (NCSM)?

Nalco está introduciendo una estrategia de control de corrosión pre-caldera, con patente pendiente, llamada tecnología NCSM. La tecnología de caldera 3D TRASAR usando el NCSM minimiza la corrosión del agua de alimentación de la caldera, midiendo el potencial de reducción/oxidación neto (ORP) como una lectura de voltaje del volumen total de agua de alimentación a las temperaturas y presiones de operación reales de la caldera.

La tecnología NCSM detecta cambios en el estrés de oxidación/reducción, y responde en tiempo real cambiando la dosificación de secuestrante de oxígeno o de pasivador de metal, para mantener el punto de ajuste de ORP ideal.

Ahora es posible detectar y reaccionar a las condiciones internas del sistema de caldera en temperaturas y presiones de operación reales, permitiendo a la tecnología 3D TRASAR entregar un desempeño superior del sistema de caldera.

### ¿Por qué es importante el control de la corrosión pre-caldera?

La corrosión en el sistema de agua de alimentación/condensado no sólo reducirá la vida de los componentes, sino que también introduce productos de la corrosión a la caldera, donde los productos se depositarán en el lado agua de los tubos. Estos productos pueden inducir el sobrecalentamiento de los tubos y potencialmente generar corrosión bajo los depósitos.

Subsecuentemente, limpiezas químicas de la caldera más frecuentes son un subproducto de un mal control de la corrosión del agua de alimentación.

Más importante, esa mala química del agua de alimentación puede provocar corrosión acelerada de flujos (FAC) en las tuberías del agua de alimentación. Este insidioso mecanismo ha iniciado fallas catastróficas en centrales eléctricas en los últimos 10 a 15 años, las que, en algunos casos, han causados fatalidades. Un monitoreo acucioso de ORP en las temperaturas y presiones reales de la caldera, es el método más viable para controlar la química que minimiza la FAC.

---

## ¿Cuál es la Mejor Práctica para el control de corrosión en pre-caldera?

La Mejor Práctica para cualquier sistema depende de sus condiciones mecánicas, operacionales y químicas (MOC) específicas. Tomando los factores MOC en consideración, la nueva Mejor Práctica para controlar la corrosión en pre-caldera es una probada y comprobada desaireación mecánica en conjunto con la tecnología NCSM para controlar la dosificación de secuestrante de oxígeno o pasivador de metal suplementario. Esto es especialmente cierto para sistemas que tienen tubos de aleaciones de cobre en uno o más calentadores de agua de alimentación.

## ¿Cómo trabaja?

La corrosión es un proceso de oxidación/reducción. Además, otros químicos o contaminantes en el volumen de agua de alimentación se pueden oxidar o reducir. Cada reacción de oxidación y reducción se caracteriza por un potencial (V). La tecnología NCSM mide el potencial neto de todas las reacciones de oxidación/reducción sucediendo simultáneamente en el volumen de agua de alimentación.

La corrosión del acero por oxígeno es una reacción primaria que debe ser considerada en pre-caldera. En la forma más simplificada, la disolución de un átomo de hierro produce un ion ferroso y la liberación de 2 electrones en el ánodo.



Luego estos electrones se mueven a través del metal al cátodo donde reaccionan con oxígeno para formar hidróxido.

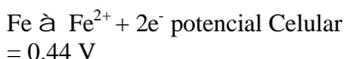
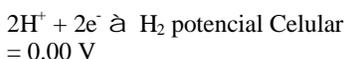
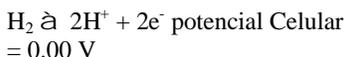


Esta es por lejos la reacción catódica más importante en el agua

de alimentación alcalina. Los aniones hidróxidos y cationes ferrosos migran unos hacia los otros, con ello completando el circuito.

## ¿Cómo la medición de ORP se correlaciona con la corrosión?

Por definición, la pérdida o ganancia de electrones de hidrógeno tiene un potencial de 0 volts.



El hierro en la mayoría de las aguas tiene potencial positivo, lo que significa que se corroerá en soluciones ácidas. El cobre con un potencial de -0.34 V no se corroerá, en circunstancias normales, con ácidos minerales simples. El oxígeno disuelto tiene una afinidad mucho más fuerte con los electrones que con iones de hidrógeno, y por tanto corroerá tanto al hierro como al cobre si no se controla adecuadamente.

Ingreso ORP. Un potencial ORP positivo de una solución, comparado con la línea base del hidrógeno de 0.00 V, indica un ambiente oxidante, el cual en condensado o agua de alimentación, generalmente sugiere la presencia de oxígeno disuelto. Un ORP más alto generalmente indica un mayor potencial de corrosión. Por el contrario, un potencial celular más negativo corresponde a una velocidad de corrosión menor, se espera FAC. La tecnología NCSM puede dosificar secuestrante/pasivador correctamente para mantener el punto de ajuste del ORP deseado para minimizar la corrosión.

## ¿Qué se quiere decir por pasivación del sistema pre-caldera?

La pasivación es la conversión de una superficie metálica químicamente activa a un estado menos activo. La pasivación está influenciada por una variedad de condiciones, incluyendo el pH, concentración de oxígeno disuelto, química del agente reductor, etc. Las condiciones típicas del agua de alimentación requiere el uso de un agente reductor como ELIMINOX® o SUR-GARD® para lograr la pasivación, a no ser que se agregue un catalizador.

Cuando por primera vez se pone en servicio un generador de vapor, el acero reacciona con el agua para formar una capa superficial óxido metálica delgada, firmemente adherente.



Este producto de óxido de hierro, magnetita, protege el metal base bajo la capa. De manera similar, los tubos de aleación de cobre forman una capa protectora de óxido cuproso,  $\text{Cu}_2\text{O}$ . El Oxígeno oxidará estas capas a  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , hematina, y  $\text{CuO}$ , óxido cúprico, respectivamente. Estos óxidos no son protectores, y en muchos casos se formarán piquetes en lugares de corrosión activa. El *pitting* es un mecanismo extremadamente dañino, ya que sólo una pequeña pérdida de metal puede transformarse en una penetración a través de la pared del tubo.

## ¿La tecnología NCSM mide la pasivación de la pre-caldera? De ser así, brevemente explique como.

Como se mencionó anteriormente, la pasivación se caracteriza por la interacción del metal con el ambiente acuático. La tecnología NCSM ayuda a caracterizar la habilidad de potencial de oxidación/reducción del agua misma. Por lo tanto, la tecnología

NCSM no mide directamente la pasivación del metal. Sin embargo, el sistema NCSM sí proporciona la mejor forma posible de controlar el estrés por corrosión de la precaldera dentro del rango de condiciones operacionales que son conducentes a bajas tasas de corrosión de metal. Es mucho más fácil que medir concentraciones de secuestrante/pasivador.

### ¿Qué productos secuestrantes/pasivadores pueden ser exactamente dosificados y controlados usando la tecnología NCSM?

La tecnología NCSM puede controlar la dosis de cualquier secuestrante de oxígeno o pasivador para mantener el punto de ajuste de ORP deseado para minimizar la corrosión.

### ¿Qué tipos de corrosión puede minimizar la tecnología NCSM?

La tecnología NCSM puede encargarse de mecanismos de estrés por corrosión en la precaldera en forma simultánea, incluyendo pero no limitado a corrosión general, *pitting* inducido por oxígeno y FAC. Debido a que la tecnología NCSM mide el poder oxidante/reductor neto de todas las especies en el volumen de agua de alimentación, se puede usar para proteger cualquier metal y, como ya se ha mencionado, es particularmente valioso en sistemas de metalurgia mixta.

### ¿Cómo la tecnología NCSM puede manejar el FAC?

FAC se produce en ambientes reductores y es la principal preocupación en sistemas de agua de alimentación de acero carbono de alta pureza.

Las principales condiciones para el FAC son temperatura de 300°F +/-

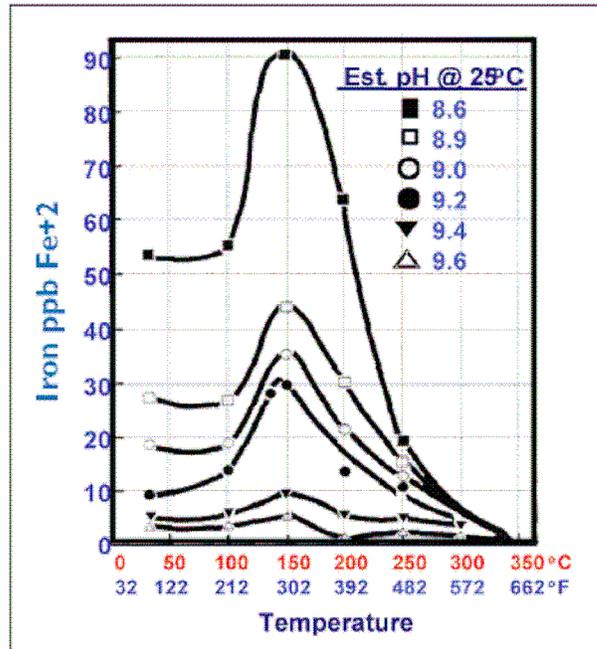


Figura 1 – Solubilidad del Hierro a distintos pH

50°F (150°C +/- 28°C), en lugares con flujos turbulentos como codos, válvulas, TEES, orificios, codos economizadores, drenajes del calefactor, etc.

La Figura I es familiar a muchos operadores de plantas, ya que muestra la generación de hierro por FAC. La FAC se vuelve más prominente cuando el pH es bajo 9.0 y la velocidad promedio del agua de alimentación es mayor a 8-10 fps (> 2.4-3 mps).

La velocidad de flujo y turbulencia del agua de alimentación gastan la capa protectora de magnetita, especialmente en zonas de alta turbulencia como curvas y codos. La capa protectora de magnetita (Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>) necesita oxígeno para reformarse, aún cuando se use un pasivador. Esto expone el metal base a mayor corrosión.

La tecnología NCSM le permite controlar la dosificación de pasivador para mantener el ambiente reductor ideal al cual la FAC es minimizada.

### ¿Qué tipos de estrés del sistema puede manejar la tecnología NCSM?

La tecnología NCSM permite la medición directa en tiempo real y responde al estrés del sistema causado por una diversidad de variaciones mecánicas, operacionales y químicas (MOC), incluyendo pero no limitado a:

#### Mecánica

- Desempeño del desaireador
- Fugas en bombas

#### Operacional

- Cambios de cargas
- Partidas y detenciones
- Flujo del condensado
- Flujo del agua de reposición
- Fugas del proceso
- Temperatura

#### Química

- Oxígeno disuelto
- Dosis de secuestrante de oxígeno/ pasivador
- Recirculación del tratamiento de condensado
- pH

---

## No creo tener ningún problema con el control de mi secuestrante de oxígeno. ¿Por qué debería cambiarme al método de control NCSM?

La corrosión puede amenazar severamente la vida de los equipos y reducir significativamente el desempeño del sistema de agua de alimentación, particularmente en el caso del ataque agresivo de *pitting* por oxígeno localizado. La sobre dosificación es un gasto químico innecesario y aumenta la conductividad y la necesidad de purgar. Más importante, prácticas pasadas han llevado a FAC en muchas unidades, y este problema debe ser resuelto. Todos los métodos convencionales de control son mediciones indirectas y no proporcionan una indicación directa de las condiciones del sistema.

Durante 80 años, la industria ha controlado la dosificación de secuestrante de oxígeno o pasivador manteniendo un nivel residual prescrito, basado en pruebas periódicas y ajuste manual. Incluso algunas plantas pueden realizar estudios del desaireador para optimizar la pluma, el vapor y el diferencial de temperatura de almacenamiento. Otra práctica común es esclavizar la dosificación de producto al flujo de agua de alimentación, lo que aumenta o disminuye la dosis de acuerdo con la demanda de agua del sistema de caldera. Muchas plantas utilizan el monitoreo en línea de oxígeno disuelto y, en ocasiones, pruebas de oxígeno húmedo. Algunas incluso miden el hierro en el agua de alimentación para obtener una estimación de la efectividad del programa y protección a la corrosión. Sin embargo, estos métodos convencionales de control son todos indirectos. Un muestreo Grab es análogo a tomar el pulso humano de vez en cuando, y muchas veces, ni siquiera haciendo eso muy bien.

Ahora que la capacidad de control NCSM está disponible, las limitaciones de esos métodos de monitoreo indirecto son evidentes. El poder de la tecnología NCSM recae en el factor que entrega una correlación directa de las condiciones y responde en tiempo real a los estreses del sistema. Esto ofrece nuevas capacidades de control y diagnóstico que no había existido nunca antes. Además, el agua de alimentación no se enfría o condiciona de alguna otra forma, eliminando el potencial de errores debido a la técnica de muestreo o los cambios en la química del agua al enfriar la muestra.

## ¿Podría usar una probeta ORP a temperatura ambiente (RT) como uso para el control de biocida en mi torre de enfriamiento para este propósito?

El equipo ORP RT usado para controlar biocidas en la torre de enfriamiento no se debería usar para el control de la corrosión. Las probetas ORP RT carecen de sensibilidad y tiempo de respuesta necesarios para las aplicaciones del agua de alimentación de caldera. El desempeño de la probeta ORP RT será cuestionable, especialmente en ambientes de agua de baja conductividad típicos en sistemas de agua de alimentación de caldera. Además, carece de la robustez necesaria para soportar la temperatura y presión del agua de alimentación de caldera.

Las probetas NCSM y piezas sensoras son inventos con patente pendiente. La tecnología robusta puede soportar el ambiente severo del agua de alimentación de la caldera.

## ¿Por qué medir ORP con la temperatura y presión de aplicación de la caldera, en vez de temperatura ambiente?

- **A temperatura la medición de ORP es mucho más sensible que a ORP RT.** Los aumentos de sensibilidad varían con la temperatura pero las probetas NCSM pueden ser entre 200% a 100% más sensibles que las probetas ORP RT.
- **Las velocidades de corrosión varían con temperatura y presión.** La tecnología NCSM proporciona una indicación de potencial de corrosión mucho mejor a la temperatura y presión real del sistema. La cinética de la química del agua aumenta con la temperatura y presión. Es importante monitorear estos efectos in-situ para ver los efectos reales.
- **Tiempo de respuesta más rápido.** Las probetas NCSM tienen un tiempo de respuesta mucho más rápido que las probetas ORP RT. Esto se relaciona con que la cinética y procesos termodinámicos se potencian con la temperatura. Las mediciones de las probetas ORP RT son lentas en responder y tienen mayor probabilidad de volverse inexactas con el tiempo.
- **Minimiza el tiempo de retardo de muestreo.** Las probetas NCSM se colocan en un flujo de muestreo directamente al lado de la cañería de la línea de agua de alimentación, virtualmente eliminando el tiempo gastado en el muestreo. Por lo tanto, el instrumento responde casi en forma inmediata a los cambios en el estrés por corrosión del agua de alimentación. En contraste, generalmente una muestra estándar tiene que recorrer largas distancias hasta el panel de muestreo para las mediciones de la probeta de ORP RT.

- **La efectividad del secuestrante/pasivador cambia con la temperatura y presión.** Es bien sabido que los secuestrantes de oxígeno y pasivadores trabajan mejor a mayores temperaturas. El poder mejorado del reductor a temperaturas elevadas aumenta la sensibilidad del control basado en dosificación química. Sólo el sistema NCSM puede medir esto.

### ¿Se puede usar la tecnología NCSM para cumplir con los lineamientos de ORP del Instituto de Investigación de Energía Eléctrica (EPRI)?

Los lineamientos del EPRI están definidos por la medición con ORP RT, no por la medición de temperatura ORP. Los límites recomendados por la EPRI para ORP RT en operación normal para sistemas de metalurgia mixta son -300 a -350 mV (Ag/AgCl, KCl(sat)), aunque los expertos en generación de vapor dirán que para cualquier unidad se deberá ajustar el lineamiento ORP donde las pruebas indiquen la mínima corrosión.

EPRI recomienda medir el ORP in-situ en el agua de alimentación a altas temperaturas, especialmente en la caldera donde los componentes están realmente en contacto con aguas a altas temperaturas.

La escala del NCSM no es directamente comparable con las lecturas o escalas de RT. Sin embargo, sólo la tecnología NCSM le entrega la capacidad de medir ORP a temperaturas y presiones elevadas con alta sensibilidad y exactitud. La tecnología NCSM permitirá a su planta controlar aun ajuste ORP específico para entregar la mejor protección a su sistema.

### ¿Cuáles niveles de oxígeno son demasiado altos? Se puede usar en un sistema de distribución de agua de reposición sin desairear, a baja temperatura?

Agua de alimentación sin tratar desde un desaireador debe tener niveles de oxígeno disuelto inferiores a 50 ppb. Idealmente, los buenos desaireadores deberían reducir el oxígeno disuelto a menos de 10 ppb de manera bastante fácil, antes de la adición de secuestrante.

El sistema de control NCSM tiene la mayor sensibilidad en agua desaireada donde se mantiene un residual de reductor. Las probetas NCSM se pueden usar en sistemas donde altos valores de oxígeno disuelto son reducidos a niveles aceptables adicionando un secuestrante antes que el agua tome contacto con la probeta NCSM. Es aceptable tener valores de oxígeno disuelto inicialmente en el rango de ppm que sean reducidos bajo 50 ppb cuando se agrega el secuestrante. En este caso, la tecnología NCSM tiene una directa aplicabilidad.

### ¿En qué condiciones de temperatura y presión funcionará?

Las probetas NCSM están diseñadas para soportar 1500 psi (103 bar) y 500°F (260°C). El punto de instalación más común es después de la bomba principal de agua, pero puede variar dependiendo en el diseño y complejidad de la planta. Las probetas y piezas sensoras del NCSM son de una tecnología única y robusta que puede soportar los severos ambientes del agua de alimentación de la caldera.

### ¿Qué pasa con la contaminación de hidrocarburo, incluyendo OIL petróleo?

La magnitud de la contribución al potencial de oxidación/reducción de los contaminantes es única para cada evento y sistema. La tecnología para caldera 3D TRASAR con NCSM puede detectar y reaccionar a los contaminantes de hidrocarburo. Pruebe una muestra con los contaminantes reales a sus respectivas concentraciones con la probeta NCSM para determinar si es que sería importante en el sistema de agua de alimentación de su caldera.

Si la contaminación es severa, los electrodos podrían ensuciarse de manera similar a otras probetas de membrana, p.e., oxígeno disuelto y pH. Sin embargo, este problema sería secundario al daño potencial que estarían causando los orgánicos a la caldera y ductos de vapor.

### ¿Cómo saber si la tecnología para caldera 3D TRASAR con NCSM es lo adecuado para mi generador de vapor?

Contacte al Representante de Ventas Nalco local para un diagnóstico preciso de las necesidades de su sistema. Nuestro equipo de expertos puede prescribir los servicios de 3D TRASAR, equipos y programas químicos para optimizar el desempeño MOC de su sistema de caldera en particular. La Tecnología para Caldera 3D TRASAR entregará ahorros de agua y energía, mejorará el desempeño, protegerá los equipos y contribuirá directamente a su sustentabilidad ambiental, económica y social.