



## Lecciones claves de incidentes que involucran corrosión

### Introducción

La corrosión es una de las mayores causas de averías en plantas y equipos en las industrias de procesos y es un problema peligroso y extremadamente costoso que puede provocar la pérdida de la contención primaria e incluso incendios debido a contactos eléctricos corroídos.

La corrosión es una reacción electroquímica que se manifiesta de diversas formas, como la corrosión química y la atmosférica. Cuando las sustancias ácidas entran en contacto con metales como el hierro o el acero, se forma óxido. El óxido es el resultado de la corrosión del acero luego de que las partículas de hierro han estado expuestas al oxígeno y la humedad y, si no se maneja de manera efectiva, puede tener consecuencias catastróficas.

### Caso 1 – Liberación de Vapores Inflamables que Generaron un Incendio;

El 6 de agosto de 2012, una refinería experimentó la ruptura catastrófica en un componente de tubería de 52 pulgadas de largo de la línea de 8 pulgadas del corte lateral 4. En el momento del incidente, el gasóleo liviano fluía a través de la línea a una tasa de aproximadamente 10,800 barriles por día. La tubería rota liberó gasóleo liviano inflamable a alta temperatura que al evaporarse en una nube de vapor que envolvió a 19 empleados. El incidente provocó que alrededor de 15.000 personas de las comunidades circundantes requirieran tratamiento médico.

La ruptura fue el resultado de corrosión por sulfuración que causa adelgazamiento en los materiales que contienen hierro debido a una reacción entre los compuestos del azufre y el hierro a temperaturas que oscilan entre 450 y 1000 °F. La tubería que se rompió estaba construida en acero al carbono que se corroe a un ritmo mucho más rápido debido a la sulfuración que otros materiales alternativos típicos debido a las variaciones en el contenido de silicio.

### Aprendizajes Claves:

La organización no siguió las recomendaciones de los expertos en la materia (SME) para ayudar a prevenir fallas en las tuberías debido a corrosión por sulfuración: 10 años antes, los SME de corrosión recomendaron que se realizara una inspección interna o que la tubería que se rompió se actualizara con un material más adecuado.

La alta gerencia rechazó la propuesta de la SME para el trabajo de mantenimiento debido a un documento de integridad histórico que establecía que el oleoducto debería conservar la integridad hasta cerca de 2016. Esto hizo que la organización creyera que faltaban datos para justificar el trabajo o respaldar las utilidades del proyecto de mejora a pesar de que tenían un programa de prevención de fallas de sulfuración en sitio. Luego se implementó un programa de inspección mejorado para materiales sujetos a corrosión por sulfuración. Se requirió una capacitación de respuesta a emergencias para actualizar la comprensión de los procedimientos en el personal.

### Caso 2 – Liberación de Cloro

El 20 de julio de 2003, se produjo una liberación de cloro gaseoso de una planta química que provocó que siete trabajadores de la planta resultaran heridos y se emitiera una alerta de refugio en casa para los residentes en un radio de 0,5 millas de la planta. Durante la investigación, se abrió el intercambiador de calor para su inspección, que mostró tres orificios en los tubos y una acumulación de productos de corrosión en la parte inferior. Se cree que un proceso de soldadura por arco hecho en el año 2000 contribuyó en gran medida a la falla del intercambiador de calor. Después de unos años, la corrosividad natural de la salmuera diluyó el metal soldado, lo que provocó que pequeñas cantidades de cloro pudieran contaminar la salmuera. Luego ocurrió un ataque químico inducido por cloro, agrandando los orificios y permitiendo que entrara más cloro en la salmuera, lo que provocó que fallaran los sellos de la bomba de refrigerante, lo cual liberó cloro a la atmósfera que luego pudo ingresar a la sala de control a través de la ruta de ventilación de aire. La liberación a la atmósfera se prolongó debido al requerimiento de que hubiera válvulas manuales cerca para aislar el sistema.

### Aprendizajes Claves:

La organización tenía una cultura de normalización de riesgos debido a múltiples fugas en la planta, continuaron operando sin aprender de un incidente similar dos años antes. No fueron considerados sistemas de apagado automático en la planta que incluyeran las válvulas de aislamiento, ya que seguían dependiendo de la operación manual. El diseño de calefacción, ventilación y aire acondicionado era inadecuado para proteger áreas seguras como la sala de control de sustancias peligrosas. Fallas en la gestión del cambio, evaluaciones de riesgo inadecuadas y deficiente respuesta a emergencias en el sitio y para el público constituyen los aprendizajes claves.



Figura 1: El Marco de ISC

El ISC considera que el liderazgo a través de seis elementos funcionales es vital para lograr buenos resultados en Seguridad de Procesos. Estos elementos son:

- sistemas & procedimientos
- ingeniería & diseño
- aseguramiento
- conocimiento & competencia
- factores humanos
- cultura

Abajo en la sección ¿Qué puedo hacer? puede verse como interactúan estos elementos.

### Que puedo hacer?

#### Gerencia

|   |   |
|---|---|
| <span style="color: yellowgreen;">●</span> <span style="color: green;">●</span> <span style="color: red;">●</span> <span style="color: blue;">●</span>    | • Asegurar que existan procedimientos escritos con requerimientos para asegurar que se realice un monitoreo continuo de la corrosión.   |
| <span style="color: blue;">●</span> <span style="color: red;">●</span>  | • Asegurar disponibilidad de las brigadas y los equipos de respuesta a emergencia en la organización.   |
| <span style="color: blue;">●</span> <span style="color: grey;">●</span>   | • Asegurar que los cambios de alcance sean evaluados y aprobados adecuadamente antes de realizar cualquier trabajo.   |
| <span style="color: green;">●</span> <span style="color: red;">●</span> <span style="color: blue;">●</span> <span style="color: grey;">●</span>           | • Realizar una revisión completa con la guía de los expertos (SME).   |
| <span style="color: blue;">●</span> <span style="color: green;">●</span> <span style="color: yellowgreen;">●</span>                                       | • Asegurar que exista un sistema de gestión de mantenimiento que define el alcance de los trabajos.   |
| <span style="color: grey;">●</span> <span style="color: yellowgreen;">●</span> <span style="color: blue;">●</span>  | • Disponer de un proceso de Manejo del Cambio (MOC) que registren adecuadamente los cambios a las operaciones normales como goteos y filtraciones. Estas no son parte de la operación normal. |
| <span style="color: yellowgreen;">●</span> <span style="color: green;">●</span> <span style="color: purple;">●</span> <span style="color: grey;">●</span> | • Asegurar que los análisis de riesgos sean revisados y actualizados en intervalos de tiempo adecuados para que reflejen las condiciones actuales de la operación.                            |
| <span style="color: yellowgreen;">●</span> <span style="color: purple;">●</span> <span style="color: grey;">●</span>                                      | • Informar a los residentes locales acerca de los riesgos asociados a las plantas/los procesos y las acciones que deben tomar en caso de una emergencia.                                      |

#### Ingeniero de Proceso/Supervisor

|   |  |
|---|--|
| <span style="color: green;">●</span> <span style="color: purple;">●</span> <span style="color: yellowgreen;">●</span>   | • Asegurar que se sigan las reglas de la compañía y los procedimientos de operación para proteger a los trabajadores.  |
| <span style="color: purple;">●</span> <span style="color: grey;">●</span>   | • Realizar ejercicios simulados de respuesta a emergencias.  |
| <span style="color: yellowgreen;">●</span> <span style="color: green;">●</span>   | • Asegurar que las preocupaciones del personal al “parar trabajos” se revisen y que se provea retroalimentación apropiada.   |
| <span style="color: purple;">●</span> <span style="color: yellowgreen;">●</span> <span style="color: red;">●</span>   | • Asegurar que se evalúen y documenten los riesgos de los cambios de alcance. Cualquier cambio debe ser revisado para asegurar que las condiciones son adecuadas para seguir operando.                         |
| <span style="color: red;">●</span> <span style="color: grey;">●</span> <span style="color: purple;">●</span> <span style="color: green;">●</span>   | • Asegurar que la planta esté diseñada para permitir el aislamiento automático ante una situación de emergencia incluyendo áreas seguras como los cuartos de control.  |
| <span style="color: blue;">●</span> <span style="color: green;">●</span> <span style="color: yellowgreen;">●</span> <span style="color: red;">●</span>  | • Al emitir permisos de trabajo, asegurar que todos los peligros específicos de la tarea sean identificados y que se implementen controles para su manejo. Como goteos y filtraciones, válvulas con pase, etc. |
| <span style="color: yellowgreen;">●</span> <span style="color: blue;">●</span> <span style="color: grey;">●</span>  | • Realizar estudios HAZOP, HAZID, LOPA etc adecuados para mejorar planta y equipos dentro de un periodo de revisión apropiado.   |
| <span style="color: green;">●</span> <span style="color: yellowgreen;">●</span> <span style="color: blue;">●</span> <span style="color: purple;">●</span> <span style="color: grey;">●</span> | • Sustener charlas diarias para asegurar que los equipos están al tanto de los asuntos relacionados con la planta y el proceso.  |

#### Operador

|  |  |
|--|--|
| <span style="color: yellowgreen;">●</span> <span style="color: blue;">●</span> <span style="color: green;">●</span> <span style="color: grey;">●</span>                                      | • Realizar verificaciones de inicio y fin de turnos para identificar condiciones anormales.  |
| <span style="color: yellowgreen;">●</span> <span style="color: green;">●</span> <span style="color: red;">●</span>   | • Reportar todas las condiciones anormales y si aún es seguro operar tomar las acciones apropiadas.  |
| <span style="color: yellowgreen;">●</span> <span style="color: blue;">●</span>   | • Realizar visitas al sitio de trabajo y una evaluación de riesgos efectiva antes de realizar los trabajos.  |
| <span style="color: yellowgreen;">●</span> <span style="color: grey;">●</span> <span style="color: purple;">●</span> <span style="color: green;">●</span> <span style="color: red;">●</span> | • Realizar chequeos regularmente en los trabajos que se realizan en la planta para asegurar que se llevan a cabo según se requiere y que se siguen los controles de los permisos de trabajo. Hacer auditorías si es necesario. |
| <span style="color: yellowgreen;">●</span> <span style="color: grey;">●</span> <span style="color: green;">●</span> <span style="color: purple;">●</span>                                    | • Pare el trabajo y reporte las desviaciones al Sistema de permisos incluyendo los cambios en el entorno.  |
| <span style="color: purple;">●</span> <span style="color: yellowgreen;">●</span> <span style="color: grey;">●</span>   | • Asegurar que hay suficientes “handovers” para documentar todas las actividades.  |