



## Lecciones aprendidas de incidentes relacionados con envejecimiento de activos

### Introducción

El envejecimiento de las facilidades industriales es un fenómeno reconocido que tiene implicaciones que van más allá de la gestión de corrosión. A veces se piensa erróneamente que el envejecimiento se trata de establecer que tan antiguo es el equipo. Sin embargo, el envejecimiento de las plantas industriales tiene un significado más amplio que tiene que ver con su degradación, su condición general y el cambio de su condición con el tiempo. Todos los aspectos asociados con la facilidad y sus procesos pueden envejecer, no solo los equipos sino las personas, los procedimientos y las tecnologías. Estos estados físicos, mecanismos y elementos organizacionales pueden conducir a incidentes mayores.

### Caso 1 – Refinería de Crudo – Corrosión

En agosto 6, 2012, ocurrió una ruptura catastrófica en una línea de tubería de 8 pulgadas asociada al drenaje lateral de la sección crudo-gas de la columna de destilación atmosférica de crudo de una refinería. La tubería se rompió, liberando hidrocarburos inflamables al medioambiente. El líquido inflamable se vaporizó parcialmente en una gran nube de vapor que envolvió a diecinueve trabajadores. Después de dos minutos una porción inflamable de la nube de vapor hizo ignición. Los trabajadores lograron escapar, evitando lesiones graves.

### Aspectos claves del aprendizaje

La causa subyacente de la ruptura de la tubería parece estar asociada a un procedimiento inadecuado de mantenimiento relacionado con la integridad mecánica. Pruebas posteriores determinaron que la ruptura se debió al adelgazamiento de la pared de la tubería causada por corrosión por sulfuración. De hecho, durante un periodo de 35 años, el componente de tubería de 52 pulgadas de longitud había perdido en promedio el 90 por ciento de su espesor original en el área de la ruptura. Aunque la compañía había contratado expertos en corrosión por sulfuración, ellos no fueron consultados al tomar decisiones claves relacionadas con los riesgos potenciales de sulfuración en la unidad de destilación de crudo. La unidad de destilación es uno de los procesos mas susceptible a la corrosión por sulfuros en las refinerías de petróleo. Sin embargo, el análisis de riesgos realizado a la unidad no consideró el potencial de corrosión por sulfuración. La tubería en cuestión fue fabricada en acero al carbono, el cual tiene la tendencia a corroerse por sulfuración mas pronto que los aceros que tienen contenido más alto de cromo. Adicionalmente, el acero al carbono experimenta una variación significativa en la tasa de corrosión debida a las variaciones en el contenido de sílice, un componente usado en el proceso de fabricación del acero. Las tuberías de acero al carbono con contenido de sílice inferior al 0.10 del porcentaje de su peso puede corroerse a tasas aceleradas, hasta 16 veces más rápido que las tuberías de acero al carbono con porcentajes más altos de sílice. Esto debió considerarse en el análisis de riesgos.

### Caso 2 – Planta química – corrosión en tubería de concreto

El 4 de febrero, 2005, un tanque de almacenamiento que contenía 16,300 toneladas de ácido sulfúrico al 96% se rompió. El contenido se derramó en el dique y luego en la plataforma. Las 2,000 toneladas que quedaron en el dique entraron en contacto con agua salada lo que creó una reacción exotérmica, que produjo una nube de cloruro de hidrógeno (Ácido clorhídrico). La nube de vapor viajó por la costa y en su mayoría sobre el mar. Por fortuna nadie fue afectado por el incidente.

### Aspectos claves del aprendizaje

El incidente fue causado por una fuga en la tubería de suministro de agua de enfriamiento que pasaba bajo el patio de tanques. La fuga socavó el suelo bajo los cimientos de uno de los tanques el cual se rompió debido a la distribución desigual del peso que resultó de la liberación repentina del ácido. El dique se llenó con agua salada cuando se produjo la ruptura lo que causó la formación de ácido clorhídrico. La tubería estaba hecha de concreto y entró en uso a principios de los años sesenta. El único daño observado en la tubería había sido una fuga en la estación de bombeo en 1999. La inspección de la tubería que falló después del incidente detectó poca o ninguna corrosión interna, pero si una fuerte corrosión externa en el concreto. En ciertas partes de la tubería, el hormigón se había corroído tan severamente que el acero de refuerzo había quedado expuesto. Esto sugiere que la corrosión fue el resultado de un ataque ácido al concreto. De acuerdo con los estándares, se produce un fuerte ataque de ácido sobre el concreto si el nivel de pH en el agua circundante es <5.5 y un ataque muy fuerte si el nivel de pH es <4.5. La compañía llegó a la conclusión de que el nivel de pH medido como 4 en las aguas subterráneas poco profundas en 1989 implicaba riesgos de fuerte ataque de ácido en el concreto. Sin embargo, nunca se realizó una evaluación de riesgos.



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

- Sistemas & procedimientos
- Ingeniería & diseño
- aseguramiento
- conocimiento & competencia
- factores humanos
- cultura

En la sección ¿Qué puedo hacer? En la siguiente página, se puede ver cómo cada uno de estos elementos juega un papel.

**Figura 1: El Marco de ISC**

<b>¿Qué puedo hacer?</b>	
<b>Gerencia</b>	
<span style="color: lightgreen;">●</span>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Asegurar que se implementen indicadores de gestión preventivos para manejar el fenómeno de envejecimiento en la operación.</li> </ul>
<span style="color: lightgreen;">●</span> <span style="color: green;">●</span>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Identificar y monitorear signos de envejecimiento en particular corrosión, erosión, fatiga, deformation/deslizamiento, obsolescencia.</li> </ul>
<span style="color: lightgreen;">●</span> <span style="color: blue;">●</span> <span style="color: red;">●</span>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Asegurar que existan políticas para determinar el fin de la vida de los equipos. Planear el ciclo de vida de los equipos/plantas y definir la fecha de retiro/reemplazo de los mismos.</li> </ul>
<span style="color: blue;">●</span>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Asegurar que la compañía tenga procedimientos claros, actualizados e instrucciones disponibles que cubran la operación normal, las emergencias y el manejo de los cambios.</li> </ul>
<span style="color: lightgreen;">●</span>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Disponer de un programa de inspección sistemático para manejar el fenómeno de envejecimiento que sirva para monitorear la condición de planta y equipos o para el manejo de diseños inadecuados.</li> </ul>
<span style="color: blue;">●</span> <span style="color: red;">●</span>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Tener totalmente documentada la historia de los equipos críticos de seguridad, incluyendo sus parámetros de uso, cambios y adiciones desde su instalación.</li> </ul>
<span style="color: red;">●</span> <span style="color: blue;">●</span>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Tener actualizada la documentación de todos los equipos mecánicos que sean críticos (tanques, oleoductos, bombas) en el sitio, incluyendo todas las partes de los componentes (reemplazos, adiciones, etc.)</li> </ul>
<span style="color: blue;">●</span> <span style="color: lightgreen;">●</span>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Gestionar el envejecimiento de activos críticos como son los sistemas de contención primaria, las medidas de control y mitigación, los sistemas de control eléctrico y de instrumentación y las estructuras en el programa de inspección de envejecimiento.</li> </ul>
<span style="color: blue;">●</span> <span style="color: green;">●</span>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Asegurar que las habilidades, el conocimiento y la experiencia requerida por el personal para la gestión de integridad y el envejecimiento es transferida y mantenida ante la ausencia, el retiro, o el cambio del personal a otra posición en la compañía.</li> </ul>
<span style="color: green;">●</span> <span style="color: grey;">●</span>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Asegurar que el conocimiento del proceso es mantenido y transferido adecuadamente.</li> </ul>
<span style="color: green;">●</span>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Asegurar que los reportes de investigación hacen énfasis en las causas así como en las lecciones aprendidas relacionadas con la obsolescencia y la pérdida del conocimiento técnico.</li> </ul>
<span style="color: blue;">●</span>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Asegurar que el staff y los contratistas involucrados en el mantenimiento y los cambios de la operación tienen acceso a toda la información relevante.</li> </ul>
<span style="color: red;">●</span>	<ul style="list-style-type: none"> <li>La degradación de los equipos debe estar sujeta a la identificación de peligros y al análisis de riesgos.</li> </ul>
<b>Ingeniero de Proceso /Supervisor</b>	
<span style="color: blue;">●</span>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Asegurar que las tuberías enterradas que implican riesgos para las fundaciones sean inspeccionadas y medidas.</li> </ul>
<span style="color: blue;">●</span> <span style="color: lightgreen;">●</span>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Asegurar que los equipos críticos de seguridad cumplan su propósito (estén aptos) y esté documentado.</li> </ul>
<span style="color: blue;">●</span>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Los materiales compuestos pueden estar sujetos a mecanismos de degradación si no se instalan adecuadamente. Debe asegurarse que la selección de materiales sea revisada por expertos en corrosión basándose en la experiencia en el servicio y las recomendaciones de los fabricantes.</li> </ul>
<span style="color: red;">●</span>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Poner atención al envejecimiento potencial de los equipos críticos de seguridad eléctricos, de control e instrumentación y a los sistemas en términos de la degradación de su integridad física y su desempeño.</li> </ul>
<span style="color: red;">●</span> <span style="color: blue;">●</span>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Asegurar que los equipos y sistemas antiguos/obsoletos sean identificados y manejados, con especial cuidado en sus repuestos, reparaciones y las competencias para modificar o verificar el software antiguo y los sistemas de programación de lógica.</li> </ul>
<span style="color: red;">●</span>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Se requiere especial cuidado cuando se actualizan los sistemas de control e instrumentación a nuevos estándares digitales donde anteriormente se ha confiado en equipos analógicos.</li> </ul>
<span style="color: lightgreen;">●</span>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Reportar todos los casos donde se descubra una fuga y asegurar que estos eventos se investiguen a fondo, detalladamente. Las fugas a menudo son causadas por corrosión, falla mecánica o desgaste.</li> </ul>
<b>Operador</b>	
<span style="color: green;">●</span> <span style="color: grey;">●</span>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Asegurarse de tener acceso a las especificaciones de instalación y de tener conocimiento de ellas.</li> </ul>
<span style="color: blue;">●</span> <span style="color: green;">●</span>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Reportar cualquier fuga o daño inmediatamente al supervisor.</li> </ul>