

Atlas de CORROSIÓN

Edisson Fernando Calderón Freire
Coralía Fabiola Cuadrado Pumalema
Diego Javier Punina Guerrero
Luis Carlos Hidalgo Viteri

CIDE
EDITORIAL

The logo for CIDE Editorial features a stylized graphic of an open book with its pages fanning out, positioned below the text 'EDITORIAL'.

ISBN: 978-9942-679-04-8

Atlas de **CORROSIÓN**

Atlas de CORROSIÓN

Autores:

Edisson Fernando Calderón Freire
© Escuela Politécnica Nacional (EPN)

Coralía Fabiola Cuadrado Pumalema
Diego Javier Punina Guerrero
Luis Carlos Hidalgo Viteri
© Escuela Superior Politécnica de Chimborazo (ESPOCH)

Reservados todos los derechos. Está prohibido, bajo las sanciones penales y el resarcimiento civil previstos en las leyes, reproducir, registrar o transmitir esta publicación, íntegra o parcialmente, por cualquier sistema de recuperación y por cualquier medio, sea mecánico, electrónico, magnético, electroóptico, por fotocopia o por cualquiera otro, sin la autorización previa por escrito al Centro de Investigación y Desarrollo Ecuador (CIDE).

Copyright © 2024

Centro de Investigación y Desarrollo Ecuador

Tel.: + (593) 04 2037524

[http. :/www.cidecuador.org](http://www.cidecuador.org)

ISBN: 978-9942-679-04-8

<https://doi.org/10.33996/cide.ecuador.AC2679048>

Filiación:



Edisson Fernando Calderón Freire
Escuela Politécnica Nacional (EPN)



Coralía Fabiola Cuadrado Pumalema
Diego Javier Punina Guerrero
Luis Carlos Hidalgo Viteri
Escuela Superior Politécnica de Chimborazo (ESPOCH)

Dirección editorial: Lic. Pedro Misacc Naranjo, Msc.

Coordinación técnica: Lic. María J. Delgado

Diseño gráfico: Lic. Danissa Colmenares

Diagramación: Lic. Alba Gil

Fecha de publicación: agosto, 2024



La presente obra fue evaluada por pares académicos experimentados en el área.

Catalogación en la Fuente

Atlas de corrosión / Edison Fernando Calderón Freire, Coralia Fabiola Cuadrado Pumalema, Diego Javier Punina Guerrero, Luis Carlos Hidalgo Viteri - Ecuador: Editorial CIDE, 2024.

160 p.: incluye tablas, figuras; 21 x 29,7 cm.

ISBN: 978-9942-679-04-8

1. Corrosion 2. Atlas

Acerca de los autores



Edisson Fernando Calderón Freire

edisson.calderon@epn.edu.ec

<https://orcid.org/0000-0002-3955-8162>

Ingeniero Mecánico, graduado en la Escuela Politécnica Nacional (EPN), Master Universitario en Ingeniería Procesado y Caracterización de Materiales, título obtenido en la Universidad Politécnica de Valencia (UPV). Experiencia en el campo del control de calidad, ensayos no destructivos, en la fabricación de recipientes de presión bajo normativa ASME. Técnico capacitado en la inspección, fiscalización y certificación de estructuras metálicas, destinadas al transporte de pasajeros. En la actualidad, profesor a tiempo completo en el Departamento de Materiales de la Escuela Politécnica Nacional, Coordinador del Laboratorio de Soldadura, competente en la capacitación y certificación de procedimientos de soldadura, además enfocado en la ejecución de proyectos de investigación relacionados con el procesamiento, caracterización de materiales metálicos y la síntesis de materiales compuestos.



Coralia Fabiola Cuadrado Pumalema

coralia.cuadrado@esPOCH.edu.ec

<https://orcid.org/0000-0003-2500-1360>

Riobambeña, nacida el 13 de enero de 1994, con estudios de pregrado en Biofísica y de posgrado Magíster en Materiales. Especializada en las áreas de Física de las radiaciones y nanomateriales para bioaplicaciones, ha contribuido significativamente al avance de la terapia fotodinámica. Su compromiso con la educación se extiende desde la enseñanza secundaria hasta la superior, donde ha impartido conocimientos tanto teóricos como prácticos. Posee certificación internacional nivel 1 y 2 en VT. Actualmente, es docente e investigadora en la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo (ESPOCH), su labor se enfoca en la formación de futuros profesionales y la generación de publicaciones de alto impacto que contribuyan al avance científico.



Diego Javier Punina Guerrero

diegoj.punina@epoch.edu.ec

<https://orcid.org/0000-0002-6545-1166>

Ingeniero Mecánico de profesión con especialización en Diseño Mecánico, experiencia profesional en el sector petrolero, departamento de Mantenimiento, áreas de procesos, producción, instrumentación, integridad mecánica. Experiencia docente en Educación Superior por más de 8 años dentro del área de Ingeniería, certificado internacionalmente nivel 1 y 2 en técnicas VT, PT; consultor de empresas nacionales e internacionales. Actualmente, docente de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo ESPOCH, docente e investigador con publicaciones regionales y de alto impacto.



Luis Carlos Hidalgo Viteri

luisc.hidalgo@epoch.edu.ec

<https://orcid.org/0000-0001-5087-6914>

Riobambeño, nacido el 08 de mayo de 1989, con estudios de pregrado en Ingeniería Química y de posgrado en Seguridad Industrial, docente de educación superior con experiencia en la aplicación del método inverso en las cátedras de Química y Seguridad Industrial por más de 3 años.

LA HONRA Y LA GLORIA SOLO A DIOS. (Col 3:23) *Y todo lo que hagáis, hacedlo de corazón, como para el Señor y no para los hombres*

Contenido

Acerca de los autores	5
Prólogo	8
Introducción	10
Capítulo 1. Generalidades de la corrosión	13
1.1. Conceptos	14
1.2. Definiciones	15
1.3. Clasificación tradicional	20
1.4. Tipos de corrosión	21
Capítulo 2. Ejercicios	42
Capítulo 3. Fichas técnicas de materiales con corrosión	56
Referencias	157

Prólogo

La corrosión forma parte de todos los procesos convencionales desarrollados por los materiales en presencia de ambientes reactivos. Es sumamente agresiva y puede causar pérdidas económicas inimaginables sin un adecuado control.

Se le puede definir como el desgaste de ciertos materiales metálicos o de aleación debido a una reacción electroquímica consecuente de su entorno, esta reacción se da a una velocidad dependiendo de la temperatura y las propiedades de los elementos a la que ocurre; en este proceso químico suelen intervenir tres factores como el elemento corroído, el ambiente y el agente corrosivo.

En consecuencia, la corrosión se genera por las diferencias químicas entre las piezas implicadas; cuando desde una especie química se ceden y migran electrones hacia otra, se dice que la especie que los emite se comporta como un ánodo y se verifica la oxidación, y la que los recibe se comporta como un cátodo y se verifica la reducción, obteniendo los siguientes tipos de corrosión como la atmosférica (efecto de los agentes corrosivos en la atmósfera), galvánica (se da cuando dos metales diferentes se unen eléctricamente en presencia de un electrolito). En cuanto a los materiales con mayor corrosión se pueden mencionar: el hierro por su bajo potencial de oxidación, acero con azufre, fósforo o carbono, aluminio, aleaciones de cobre si están expuestos a sulfuros o ambientes salinos, titanio a ambientes altamente oxidantes y el níquel.

Ahora bien, se puede observar que en fábricas, industrias petroleras, plataformas marinas o sobre las superficies metálicas de los automóviles, las consecuencias de la corrosión pueden afectar económicamente y causar fallas en los equipos, liberar agentes tóxicos, contaminar productos alimenticios o colapsar estructuras metálicas.

En este sentido, las implicaciones económicas generadas por la corrosión son muy altas. A nivel global se estima que la corrosión cuesta trillones de dólares anualmente abarcando costos directos (reemplazo y reparación de estructuras y equipos) e indirectos (pérdidas de producción, accidentes y problemas de seguridad).

Casos como en la industria petrolera, la corrosión puede originar fugas en oleoductos, produciendo graves daños ambientales y pérdidas financieras significativas. En el sector de la construcción, la corrosión de las estructuras de acero puede comprometer la integridad de puentes y edificios requiriendo costosos programas de mantenimiento y rehabilitación. Además, en la industria automotriz la corrosión afecta la durabilidad y la seguridad de los vehículos aumentando los costos de garantía y reparación.

En consecuencia, la utilidad de este material de apoyo titulado *Atlas de Corrosión*, presume establecer la mayoría de los casos prácticos posibles, donde la corrosión puede afectar una estructura, equipo o sistema.

Del mismo modo, este atlas es una referencia o recurso que contiene información detallada sobre diferentes formas de corrosión, sus causas, efectos y posibles soluciones. Su objetivo principal es proporcionar a los ingenieros, científicos y profesionales de la industria una guía práctica y visual para comprender y abordar los problemas de corrosión en diversos materiales y equipos.

Se incluye una variedad de casos de estudio de corrosión, que pueden estar categorizados por tipo de material, entorno corrosivo o industria específica. Cada caso de estudio ofrece una descripción detallada del problema de corrosión, junto con imágenes, gráficos y datos relevantes, como la apariencia del equipo corroído, las condiciones de operación, el tiempo de servicio, las causas subyacentes y las posibles estrategias de prevención o mitigación y responde al contexto industrial del Ecuador.

Sin duda, es un aporte para los investigadores y especialistas interesados en el tema desarrollado, atendiendo las necesidades que demanda este tópico en el escenario académico.

Introducción

La corrosión es la reacción electroquímica de un material, dentro de su entorno ya que produce un deterioro del material y de sus propiedades. La causa general de la destrucción es por parte de los componentes naturales o fabricados por el hombre (Saavedra, 2016).

En los procesos de corrosión se involucran reacciones de reducción y oxidación o también llamadas reacciones electroquímicas, para esto es necesario que exista componentes como: un ánodo, un cátodo, un camino electrolítico y un camino iónico.

De acuerdo a Saavedra (2016) existen diferentes causas de la corrosión como los agentes corrosivos, la temperatura, la tensión y fatiga.

Tipos de corrosión

Hay una variedad de características que permiten clasificar la corrosión por tipologías. Según Saavedra(2016) son las siguientes:

- Corrosión localizada: representa un mayor riesgo potencial, es difícil de detectar ya que se produce en zonas específicas. Las de mayor ocurrencia son por fisuras, picaduras, cavitación, microbiológicas o por corrosión galvánica.
- Corrosión galvánica: ocurre cuando se unen física o eléctricamente, entre dos metales de diferente naturaleza. Donde el material de menor potencial electroquímico es el que se corroe.
- Corrosión por fisuras: se produce en zonas estrechas donde la concentración del oxígeno es menor que el resto del sistema.

- Corrosión por picaduras: se representa en materiales pasivados. Donde se acumulan los agentes oxidantes y se incrementa el pH del medio en el que se encuentra.
- Corrosión por cavitación: ocurre en sistemas de transporte de líquidos, hechos de materiales pasivados.
- Corrosión microbiológica: es un fenómeno que facilita el desarrollo de otros procesos de corrosión.
- Corrosión por erosión: ocurre cuando las partículas están en movimiento, erosionan la capa de pasivación.
- Corrosión por tensión: ocurre cuando el material está sometido a esfuerzos de tensión, interna o externa, formando pequeñas fisuras.
- Corrosión por fatiga: ocurre cuando los materiales están sujetos a esfuerzos externos, similares a la tensión, los esfuerzos son cíclicos o fluctuantes.

Generalidades de la corrosión



Generalidades de la corrosión

En nuestra vida diaria, usualmente se han observado manchas de óxido sobre alguna reja o lata de conserva, o tal vez se ha encontrado una grieta sobre algún objeto metálico, quizás se haya topado con alguna cuchilla vieja con manchas negras que se incrementaban rápidamente. Desde que el uso de metales y aleaciones aparecieron en la vida moderna, la corrosión se ha vuelto uno de los enemigos naturales más persistentes y silenciosos de las acciones materiales del hombre.

La corrosión es un proceso natural que afecta a los materiales, especialmente a los metales, degradándolos y deteriorando sus propiedades. Se trata de una reacción electroquímica que se produce cuando el metal entra en contacto con su entorno, lo que genera la pérdida de electrones y la formación de iones metálicos. Esta reacción puede tener diversas consecuencias, como la pérdida de resistencia mecánica, la alteración de la apariencia y la disminución de la vida útil del material.

La mayoría de los metales de la naturaleza son sustancias caracterizadas por ser buenos conductores de la electricidad y del calor, donde presentan enlaces característicos llamados “enlaces metálicos”. En este tipo de enlace, los átomos metálicos se encuentran unidos entre sí de forma que sus núcleos atómicos se juntan con los electrones de valencia (electrones ubicados en la última capa electrónica, es decir, electrones más externos), que forman una especie de “nube” a su alrededor, por otro lado, los metales se hallan formado compuestos, excepto los metales nobles como el oro y el platino. Esto se debe a que los metales en su estado compuesto son termodinámicamente más estables que su estado elemental.

Algunos otros factores que afectan la corrosión son la pureza del metal, la naturaleza de la película superficial, la naturaleza del producto corrosivo, la temperatura, la humedad del aire y el pH del electrolito. Como la mayoría de los metales existen en forma de óxidos, durante su extracción al estado libre, se les proporciona mucha energía. Esta energía proporcionada les permite recuperarse a su estado combinado cuando se exponen a un ambiente externo como humedad, oxígeno, etc. Por ejemplo: cuando el hierro se expone a condiciones externas, sufre corrosión y produce óxido ferroso hidratado de color marrón, esto muestra que la corrosión es un proceso contrario a la extracción de metales.

Ahora bien, los microorganismos son importantes en la corrosión, todos los ambientes a los que se expone un metal causan consecuencias perjudiciales en su integridad superficial. Los microorganismos asociados con la corrosión involucran muchos géneros y especies que se pueden dividir en tres grupos: bacterias, hongos y algas, las más importantes en el proceso de corrosión son las implicadas en el ciclo del azufre, incluyen las involucradas en la oxidación y en la reducción del azufre.

De estos tres grupos, las bacterias reductoras de sulfato (SRB) son las bacterias más importantes que se encuentran en los procesos de corrosión microbiana, actualmente se cree que la corrosión del aluminio es causada por la producción de ácido carboxílico, las algas parecen tener el potencial de inducir corrosión en virtud de su papel en la producción de oxígeno, ácidos orgánicos corrosivos y nutrientes para otros microorganismos corrosivos; se encontró que en áreas donde hay deterioro de la estera, el pH disminuyó, probablemente debido a la producción de ácidos orgánicos corrosivos, causando también células de corrosión por pH diferencial (Iverson, 2000, p. 1).

1.1 Conceptos

La corrosión es la descomposición de ciertos materiales de su entorno como resultado de una reacción electroquímica, óxido reducción, por tanto, es un fenómeno natural y espontáneo que afecta principalmente a los metales, la velocidad de la reacción depende de la temperatura a la que se produce y de las características de los elementos implicados, especialmente su salinidad; se puede decir además, que la corrosión es un proceso químico influenciado por tres factores: el corroído, el medio ambiente y el agua. También existen

sustancias corrosivas, que pueden provocar corrosión en los materiales con los que entran en contacto directo. En este sentido, la industria metalúrgica estudia la corrosión como enemigo importante en sus productos, especialmente aquellos que entran en contacto con el medio ambiente, detalles arquitectónicos o constructivos, se estima que se pierden en pocos segundos unas cinco toneladas de acero en el mundo por la corrosión (Álvarez, 2021).

Entendiendo la corrosión como el desgaste o la alteración de un metal o aleación, ya sea por ataque químico directo o por reacción electroquímica, se puede observar que existen varios tipos básicos, y se describen a continuación, los cuales pueden darse por sí solos o combinados, es un fenómeno electroquímico provocado por un flujo masivo generado por las diferencias químicas entre las piezas implicadas.

Una corriente de electrones se establece cuando existe una diferencia de potenciales entre un punto y otro, cuando desde una especie química se ceden y migran electrones hacia otra especie, se dice que la especie que los emite se comporta como un ánodo y se verifica la oxidación, y aquella que los recibe se comporta como un cátodo y se verifica la reducción. (Antala, 2020).

1.2 Definiciones

Una definición razonable de corrosión es el deterioro de un material por el ataque químico del medio ambiente, cuando la corrosión es causada por una reacción química, su velocidad depende de la temperatura y la concentración de reactivos y productos, y pueden contribuir otros factores, como el estrés mecánico y la erosión, que la mayor parte de la corrosión de materiales está relacionada con el ataque químico de los metales, que ocurre principalmente como resultado del ataque electroquímico, porque los metales tienen electrones libres que pueden formar celdas electroquímicas.

Los metales también pueden sufrir corrosión por ataque químico directo de soluciones químicas; otro tipo de degradación de los metales que se produce a través de una reacción química con el medio ambiente es la llamada corrosión seca, que en ocasiones representa una degradación importante de los metales, especialmente cuando se trata de altas temperaturas; los materiales no metálicos como la cerámica y los polímeros no se ven

afectados por la acción electroquímica, pero pueden dañarse por la acción química directa, por ejemplo, las sales fundidas pueden atacar materiales cerámicos refractarios a altas temperaturas, los polímeros orgánicos pueden resultar dañados por el ataque químico de disolventes orgánicos, algunos polímeros orgánicos absorben agua, lo que provoca cambios dimensionales o cambios en sus propiedades.

La combinación de oxígeno y radiación ultravioleta puede destruir algunos polímeros incluso a temperatura ambiente, un principio natural en todos los campos técnicos es el deterioro de las máquinas y piezas utilizadas, está claro que la corrosión es una de las principales fuentes de fallos en los equipos de ingeniería, control de la corrosión significa: ampliar el tiempo de trabajo de la estación, reducir el mantenimiento, planificar con menores costes para un tiempo de trabajo determinado, o en su defecto prevenir los accidentes que pueden surgir por interrupciones inesperadas, consecuencias del proceso de corrosión. La ciencia de los materiales, a su vez, debe proporcionar información sobre los procesos de corrosión que probablemente permitirán el desarrollo de métodos de protección contra la corrosión (Cifuentes, 2006).

Se define a la corrosión como el proceso que da como resultado el material metálico deteriorado al interactuar con el entorno que lo rodea. La definición en el argot tradicional menciona que parece como si el metal se "pudre" y en más de un sentido considerando que es la migración de electrones desde un ánodo hacia un cátodo. Para metales el ciclo comienza con la comprensión de que los metales son parte de la naturaleza y de la corteza terrestre. Allí se encuentran como minerales (sobre todo óxidos y determinadas sales), empezando por los minerales, procesos metalúrgicos (es decir, difíciles y costosos) para que los metales puedan reciclarse como los usamos en diferentes aplicaciones, exige la sociedad moderna (Vásquez, 2018, p. 11).

Según Di Sarno et al. (2021) los metales rara vez se encuentran en sus formas elementales y se combinan con oxígeno y otras sustancias químicas abundantes para formar minerales termodinámicamente estables. Suelen ser óxidos y menas minerales; de ahí que se encuentren en esta forma y deban ser purificados en procesos intensivos en energía. La corrosión se define químicamente como una reacción química o electroquímica espontánea

entre un material (generalmente metal o aleación) y un ambiente corrosivo que conduce a la destrucción del material (p. 2).

Dentro de este contexto, la reactividad química de un metal a menudo implica la transferencia de sus electrones a captadores de electrones ambientales y un proceso electroquímico que tiende a hacer que los electrones se muevan para completar un circuito eléctrico, lo que puede ocurrir cuando ciertas soluciones de electrolitos entran en contacto con los metales, ya sea por humedad, suelos o gases.

Ahora bien, la diferencia de potencial entre dos zonas del metal, denominadas catódica (reducción de iones de hidrógeno u oxígeno) y anódica (oxidación o disolución del metal), puede producir una corriente eléctrica y provocar una pérdida de espesor en toda la superficie o localmente.

En este sentido, la corrosión es la degradación de materiales, generalmente metálicos, debido a una reacción química con el medio ambiente que resulta en una falla funcional del componente (Harsimran et al., 2021, p. 13). Asimismo, la corrosión es una metalurgia extractiva inversa, que depende de la concentración del medio ambiente, la tensión, la erosión y la temperatura, provoca importantes pérdidas económicas que oscilan entre el 1% y el 5% del PNB anual de cualquier nación. Por otra parte, la corrosión aumenta los costos de los componentes y es responsable de pérdidas de vidas y riesgos para la seguridad, por lo que el objetivo de este documento de revisión es proporcionar una descripción general de los tipos de corrosión y su método preventivo, por lo que se pueden tomar medidas correctivas para minimizar el efecto de los problemas relacionados con la corrosión.

Del mismo modo, la corrosión es un daño irreversible de la superficie del metal por reacciones químicas que provocan la conversión de un metal puro a su forma más estable, como sulfuros, óxidos, hidróxidos, etc. En un ambiente corrosivo, el ambiente corrosivo puede ser sólido, líquido o gaseoso, la corrosión se considera universal, pero estos ambientes se llaman electrolitos. Estos electrolitos permiten la transferencia de iones (cationes y aniones) y forman dos reacciones (anódica y catódica).

Se establece, que dos tipos diferentes de metales en un electrolito determinado, proceden de la siguiente manera: el metal menos noble actúa como ánodo y se corroe, mientras que el metal más noble actúa como cátodo y queda protegido; el flujo de electrones es del metal anódico al metal catódico, entre los dos metales diferentes presentes en un entorno determinado, el metal con mayor potencial de reducción (que tiene una posición más alta en la serie electroquímica) o el metal menos noble se corroe, por ejemplo: Cu y Zn en una solución conductora. Zn tiene mayor potencial de reducción que el Cu, por lo que el Zn actúa como ánodo y se corroe, mientras que el Cu actúa como cátodo y está protegido. El flujo de electrones es del Zn (menos noble) al Cu (más noble).

Se observa entonces, que la pérdida de electrones tiene lugar en el ánodo (se conoce como oxidación), mientras que la ganancia de electrones tiene lugar en el cátodo (se conoce como reducción); la corrosión daña toda la superficie cuando la mayoría o todas las partículas metálicas de su superficie se oxidan, la oxidación del hierro es el ejemplo más común de corrosión, el óxido es óxido férrico hidratado $[Fe_2O_3 \cdot xH_2O]$.

Como se ha mencionado hasta ahora, la corrosión es un fenómeno superficial, es decir, se produce en la superficie de los materiales, y se produce de varias formas, primero, un ataque superficial general reduce lentamente el espesor del metal, en segundo lugar, en lugar de un ataque global a la superficie, sólo se ven afectadas zonas aisladas, en tercer lugar, también ocurre a lo largo de los límites de los granos u otras líneas de debilidad debido a una diferencia en la resistencia al ambiente corrosivo, es un proceso lento que daña máquinas industriales, equipos metálicos y reduce el valor general de ese producto, anualmente, las pérdidas económicas totales debidas a diversos tipos de corrosión en la India ascienden a casi 6.500 millones de dólares (Harsimran et al., 2021, p. 13).

Del mismo modo, la corrosión se define como la reacción de un metal y su interacción con el medio ambiente, generando un producto con unas propiedades generalmente menos útiles que las del metal de partida, el resultado final del fenómeno corrosivo suele ser la destrucción del metal; en toda reacción química se pueden considerar aspectos termodinámicos y aspectos cinéticos, la viabilidad de una reacción química viene indicada, por lo tanto, por magnitudes termodinámicas y la velocidad de la reacción por magnitudes cinéticas.

La magnitud termodinámica escogida para discutir la posibilidad o imposibilidad de la relación de corrosión considerada suele ser la fuerza electromotriz de la pila galvánica ideada para explicar el mecanismo de la corrosión, esta fuerza electromotriz viene definida por la diferencia entre el potencial catódico y el potencial anódico de la citada pila.

Desde el punto de vista termodinámico se sabe que la reacción de disminución de energía libre de Gibbs es espontánea, esto equivale a decir que, si una reacción química, que representa un fenómeno corrosivo, implica un valor positivo de la fuerza electromotriz asimilada a la misma, ocurre sin intervención externa (Molera Solá, 1990, pp. 11-12).

Por otra parte, la corrosión se puede definir como la degradación de un material a causa de la acción del ambiente en que está inmerso y se debe al resultado de las interacciones del material y el ambiente bajo condiciones de exposición determinadas, ejemplos lo tenemos en: la oxidación del hierro y sus aleaciones a la temperatura ambiente; la oxidación del acero a altas temperaturas; la grafitación de la fundición de hierro; el picado de los aceros inoxidables en presencia del Carbono; el deterioro del cemento en presencia de sulfatos (Alter et al., 2003/2003, p. 13).

Caso histórico: consecuencias de la corrosión

Las bacterias son microorganismos que se encuentran en grandes cantidades en muchos entornos naturales, como el suelo, el agua de mar, el agua estancada, las aguas residuales, etc. Todos estos sistemas contienen muchísimas bacterias diferentes, algunas de las cuales son protagonistas estrella en los procesos de corrosión, un caso bien documentado es el de un gasoducto que se incendió el 9 de agosto de 2000 en Nuevo México (EE.UU.) (un gasoducto es una enorme tubería de acero por la que circula gas a alta presión y lo lleva desde su origen hasta su destino; generalmente se entierran en zanjas de aproximadamente un metro de profundidad y, en casos excepcionales, se liberan a la superficie). En ese accidente, una explosión mató a 12 miembros de un campamento familiar cercano. La causa fue un grave problema de corrosión en la pared del tubo de gas, que evolucionó hasta provocar un pinchazo; los análisis del suelo mostraron una alta concentración de bacterias, que parecen estar comúnmente asociadas con eventos de corrosión severos tanto en estructuras enterradas como bajo el agua. Ahora bien, muchas bacterias producen ácidos

como resultado de su proceso de respiración; en este, las bacterias reductoras de sulfato son particularmente agresivas porque producen sulfuro de hidrógeno, un compuesto que es particularmente dañino para la mayoría de los aceros, y es conocido como corrosión microbiológica o corrosión provocada por microorganismos (Cifuentes, 2006).

1.3 Clasificación tradicional

Tradicionalmente se establecen dos procesos básicos de ataques corrosivos atendiendo al medio en que se originan: corrosión seca y corrosión húmeda.

Corrosión seca

Ocurre cuando el material se encuentra sometido a gases, sobre todo a temperaturas elevadas, por lo que no se tiene un electrolito condensado. este tipo de corrosión es la que se produce en calderas, sobre calentadores, recalentadores, reactores, etc., en la parte que está en contacto con los productos de la combustión.

En primera instancia, la capa externa del material se recubre del producto de la oxidación, entonces, el proceso de corrosión tiene lugar por difusión, lo que hace que, en general, sea difícil y lento.

En la corrosión seca, los óxidos formados son iónicos (cationes metálicos y aniones de óxido regularmente distribuidos), la estructura cristalina formada presenta defectos reticulares, en los que se produce la difusión de iones, el crecimiento de la capa de óxido depende del movimiento de iones y electrones, puede asimilarse al paso de la corriente I , consecuencia de la capa será proporcional a la intensidad (Gómez de León Hijes, 2004/2006, pp. 27-28).

Corrosión húmeda

Ocurre cuando el material se encuentra en medios acuosos, se produce a temperatura ambiente o muy elevada, y es más extendida, porque afecta a un sinnúmero de elementos usados de acero, tales como tanques, tuberías, intercambiadores, precalentadores, carcasas, estructuras, buques, entre otros.

Hay algunos requisitos para un proceso de corrosión húmeda: dos zonas con distinto potencial electroquímico, un electrolito, conductor eléctrico líquido, con los elementos característicos del medio corrosivo, una conexión conductora entre el ánodo y el cátodo (Gómez de León Hijes, 2004/2006, pp. 27-28).

1.4 Tipos de corrosión

A continuación, se muestran algunas de las variadas formas en las que aparece la corrosión.

Corrosión generalizada

En casos en que la corrosión se produce de forma homogénea y uniforme y ataca casi toda la superficie, el metal se oxida sobre la mayoría del área en la interfaz entre el metal y el medio circundante. El material pierde una capa superficial, cuyo espesor lo determina la velocidad de ataque y por el tiempo en que estuvo expuesto al ambiente agresivo. Si se mide por la masa que el material pierde como resultado del proceso de corrosión, esta forma de ataque gana la carrera. La masa neta perdida es mucha, sin embargo, la corrosión uniforme o generalizada no es la mayor preocupación para los diseñadores o usuarios que enfrentan el problema, dado que la velocidad de avance se puede calcular con bastante precisión, a menudo hay piezas sobredimensionadas para compensar el material que puede salir (Vásquez, 2018, pp. 49-68).

Figura 1

Antes, corrosión generalizada.

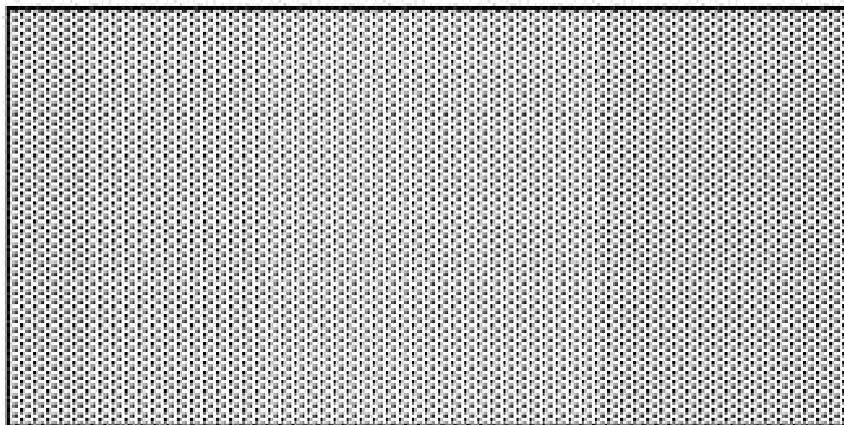
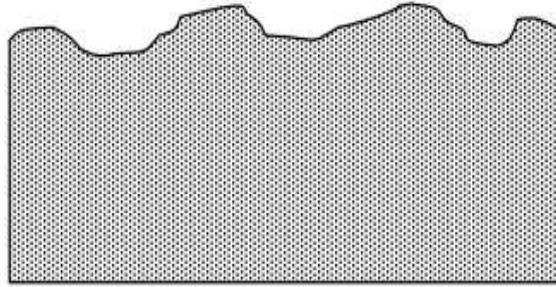


Figura 2

Después, corrosión generalizada.



Por otro lado, este tipo de corrosión se caracteriza por importantes daños estéticos, que pueden ser más o menos importantes dependiendo del objeto concreto o del uso de la pieza metálica, este tipo de corrosión es muy común en metales expuestos a la atmósfera, especialmente en entornos industriales o zonas cercanas a la costa, también ocurre frecuentemente cuando el ambiente es tierra, concreto y agua estancada o salada; la lista de metales afectados por ella puede incluir acero (con su característica capa de óxido roja o negra que podemos ver en barras expuestas o acero arquitectónico), cobre y la plata (Vásquez, 2018, pp. 49-68).

Corrosión localizada

La corrosión localizada es bastante diferente de la corrosión general, la corrosión general tiene lugar en un área relativamente más grande, mientras que la corrosión localizada tiene lugar comparativamente en un área más pequeña la presencia de cloruro agrega más dificultades al manejar la corrosión por grietas, condiciones ambientales como nivel de pH, temperatura, etc. La corrosión intergranular no se ve afectada con la adición de impurezas como C, N, O, Mn y S, mientras que la adición de Si y P afecta la corrosión.

Esta corrosión ocurre cuando las áreas pequeñas de una superficie metálica se corroen con mucha más facilidad en comparación con el conjunto en un ambiente corrosivo, estas pequeñas áreas están parcialmente corroídas en la superficie del metal debido a la presencia de un medio corrosivo a un ritmo más rápido, el área con suministro limitado de oxígeno se

convierte en ánodo mientras que la otra con suministro total se convierte en cátodo. Además, es de dos tipos: corrosión por picaduras y por grietas (Harsimran et al., 2021, p. 18).

Corrosión por picadura

La corrosión por picaduras es un tipo importante de corrosión localizada, este tipo de corrosión se produce inicialmente en una superficie relativamente pequeña del material, después de un tiempo, el área se hace más grande y profunda, lo que forma hoyos en la superficie, en este tipo de corrosión localizada, se establecen picaduras (u agujeros) en la superficie del material, un área cubierta por impurezas o agua tiene menor concentración de oxígeno por lo que actúa como ánodo mientras que la otra actúa como cátodo, se supone que el mecanismo electroquímico es el responsable de la disolución del metal (Harsimran et al., 2021, p. 18).

Figura 3

Antes, corrosión por picadura.

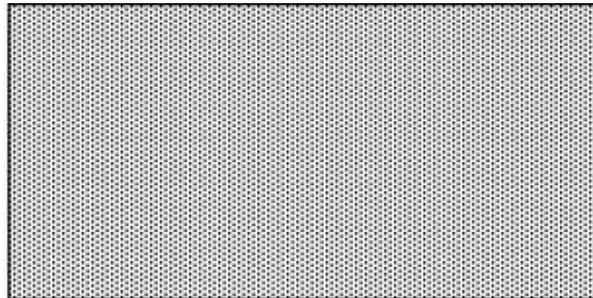
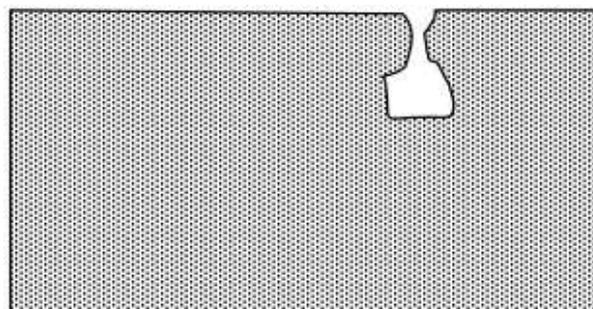


Figura 4

Después, corrosión por picadura.



Este es un tipo de ataque que se caracteriza por ubicarse en un área bien definida y generalmente pequeña, por ejemplo, en el caso de una tubería, una mancha del tamaño de la cabeza de un alfiler que comienza como una mancha apenas perceptible puede provocar un agujero en la pared de la tubería con bastante rapidez, las zonas cercanas al punto de ataque suelen estar intactas, aunque en ocasiones las picaduras aparecen muy cercanas y dan la impresión de ser ásperas, se trata de una forma de corrosión muy peligrosa porque el ataque afecta a un pequeño sector, pero progresa de forma continua y profunda, la cantidad de material perdido puede ser insignificante, pero las consecuencias siguen siendo importantes, por ejemplo, si se trata de una caldera o tanque que contiene gas a presión, puede perforar completamente la pared y causar daños catastróficos, lo mismo si el agujero está en la tubería o en la pared de la tubería.

Los casos más comunes de este tipo de corrosión suelen darse en piezas metálicas sumergidas en agua de mar; no es fácil predecir dónde se producirá la picadura, su identificación tampoco es baladí, la corrosión por picaduras puede ir acompañada de corrosión general y la acumulación de productos de corrosión en la superficie puede enmascarar la formación de corrosión por picaduras, los materiales más vulnerables a estos ataques son los materiales protegidos por una película pasiva, si esta película se daña por algún motivo, se vuelve inestable.

La formación de manchas a menudo comienza en lugares del metal o aleación donde la superficie no es homogénea, lo que puede estar relacionado con la estructura composicional, metalográfica o cristalina, o con imperfecciones del acabado de la superficie, la formación de puntos también está claramente relacionada con la composición del entorno con el que entra en contacto el material, por ejemplo, los iones de cloruro en el agua de mar y en el medio ambiente marino son particularmente agresivos y a menudo pueden identificarse como uno de los principales factores que determinan la penetración de diversos materiales metálicos como el acero y el aluminio.

A pesar de su excelente resistencia a la corrosión generalizada, el acero inoxidable es particularmente susceptible a las picaduras, hay aceros inoxidables especiales a los que se les añade níquel, molibdeno u otras aleaciones para fortalecerlos, pero ningún acero inoxidable es completamente inmune a todas las condiciones de servicio posibles; la

corrosión por grietas es otra forma de corrosión localizada estrechamente relacionada con la corrosión por picaduras, las diferencias y similitudes se pueden ver claramente en el ejemplo, digamos que la placa de acero inoxidable se sujeta con remaches, como el tambor de una lavadora, entendemos que se ha producido corrosión debajo de la cabeza del remache lo que sucede es que se ha formado una grieta (o fisura) en el lugar donde se encuentran los dos metales, lo que permite que el agua se acumule y se estanque allí este líquido retenido tiene una composición diferente al resto del bidón menos oxígeno disuelto y regeneración, lo que resulta en la acumulación de sustancias agresivas.

Esta es la situación que desencadena la corrosión por grietas (también corrosión por grietas) y es muy similar al fondo de un pozo, donde hay un líquido estancado que poco a poco concentra sustancias agresivas y acelera su avance. La corrosión por grietas ocurre cuando hay un pequeño espacio abierto (grieta o fisura) entre dos metales o un metal y un no metal, por lo tanto, la corrosión por grietas puede deberse a un diseño defectuoso o ser accidental.

Los incidentes por diseño incluyen todo tipo de articulaciones (juntas, bridas, pernos, roscas, remaches y otros) y situaciones que conllevan la acumulación de precipitaciones o el crecimiento de colonias de microorganismos que forman áreas de acceso limitado y provocan la regeneración ósea el medio líquido es duro una causa accidental suele estar relacionada con un defecto del material, un defecto de fabricación o la aparición de una fisura o fisura provocada por una tensión mecánica extrema.

Corrosión por grietas

La corrosión por grietas es uno de los principales problemas prácticos, especialmente en aplicaciones marinas, afecta principalmente a los aceros inoxidables, la presencia de cloruro agrega más dificultades al manejar la corrosión por grietas. Es una corrosión espacial restringida en la que el acceso del fluido de trabajo desde el entorno corrosivo al espacio (grietas) es inadecuado, el área de unión tiene menos oxígeno que el exterior, por lo que actúa como ánodo y el exterior actúa como cátodo, iniciando la corrosión con gradientes de concentración. La agrupación de iones cloruros dentro de una grieta lo iniciar, ocurre a temperaturas comparativamente más bajas que la corrosión por picaduras (Harsimran et al., 2021, p. 18).

Corrosión galvánica

Cuando dos metales con diferente potencial de corrosión se colocan juntos en presencia de un ambiente corrosivo (electrolito), se produce el flujo de corriente y, por lo tanto, el daño por corrosión (Di Sarno et al., 2021, p.3).

Figura 5

Antes, corrosión galvánica.

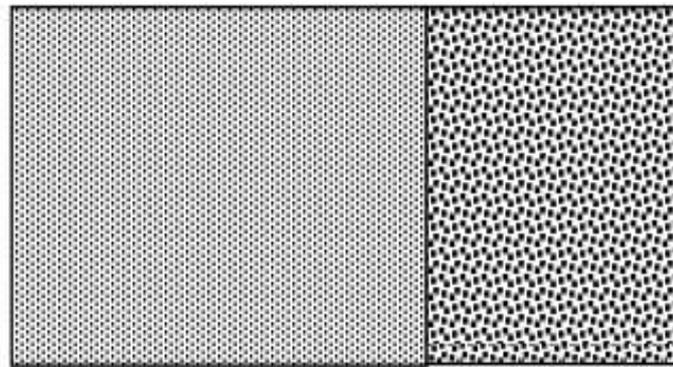
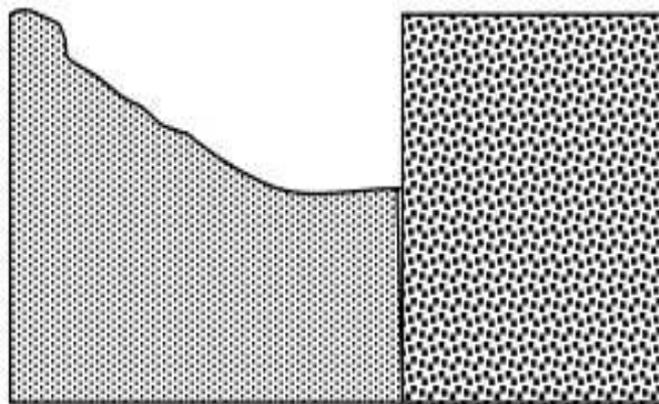


Figura 6

Después, corrosión galvánica.



La corrosión galvánica es una forma de corrosión acelerada que ocurre cuando dos metales diferentes entran en contacto eléctrico y la unión se sumerge en un medio conductor de iones, esto puede suceder incluso cuando se juntan dos piezas del mismo material, pero en

diferentes condiciones: al sustituir un codo en una tubería, la parte antigua es indudablemente pasiva, sellada con una capa protectora, y el codo de repuesto puede ser brillante y bien pulido (y activo).

Podemos comprobar que cuanto más separados estén los dos materiales expuestos, más probable y severo será el ataque del metal más activo, sin embargo, no hay que olvidar que esta lista se aplica al agua de mar y pequeños cambios en la composición del medio ambiente pueden tener un efecto significativo en el progreso de la corrosión. Si el medio no es agua de mar, se puede consultar la Tabla 1 correspondiente, donde se compara algunos agentes y materiales.

Además, las relaciones entre regiones y la geometría de cuerpos o partes también juegan un papel importante en este tipo de ataques; esta forma de corrosión puede ser uniforme o ubicarse en la intersección de ambos materiales metálicos, dependiendo de las condiciones. La corrosión galvánica puede ser particularmente grave si no se forman películas pasivas o si se eliminan del líquido en movimiento mediante erosión, asimismo tiende a convertirse en un problema recurrente en aplicaciones que requieren el uso de muchos materiales diferentes.

Por ejemplo, la industria naval utiliza metales y aleaciones como acero en cascos, bronce en hélices, acero inoxidable en ejes de motores, aluminio en mástiles y cobre en cableado eléctrico; es importante asegurarse de que ningún metal esté en contacto con otro metal, para que queden correctamente aislados entre sí; pese a las precauciones, los barcos suelen ser víctimas de corrosión galvánica, el primer caso bien documentado de este tipo de corrosión se encuentra en la zona de la Marina. Tanto es así que en 1761 los británicos realizaron un experimento a bordo de su fragata HMS "Alarm" para intentar mitigar los efectos de una determinada clase de moluscos (también conocidos como carcoma) en los cascos de madera navales.

En la prueba se cubrió la estructura habitable del barco con placas de cobre, sirvió para varios propósitos: mantener a raya al gusano y mejorar el deslizamiento del marco, ya que la superficie del cobre es más lisa que la de la madera, hubo menos fricción y se evitó la formación de incrustaciones de moluscos por su alta toxicidad, dos años después, el barco se varó para comprobar los resultados.

El gusano no penetró en la madera, pero la capa metálica se había desprendido del marco en muchos lugares, porque los clavos de hierro que sujetaban las placas de cobre a la madera se habían oxidado mucho, claramente, aquí dos metales diferentes (el metal de la libra y el metal de las hojas) están en contacto eléctrico entre sí y sumergidos en un medio altamente conductor como el agua de mar.

Un examen detenido reveló que algunos clavos recibieron un ligero ataque porque el papel encerado que cubría algunas placas de cobre no se eliminó, el olvido o la distracción del usuario permitieron que entre ambos metales existiera un material aislante, como la cera, que impide la conexión galvánica entre el cobre y el acero. Un informe posterior afirmó que el cobre y el hierro sumergidos en agua de mar, no podían estar en contacto directo porque el cobre provocaba la corrosión del hierro (Vásquez, 2018, pp. 49-68).

Corrosión intergranular

La mayoría de los materiales metálicos utilizados en aplicaciones industriales son aleaciones de diferentes tipos de átomos, estos deben estar dispuestos de una manera muy específica dentro de la estructura sólida del material; a nivel microscópico, existen pequeñas zonas en el espacio donde se produce un cierto orden regular con una determinada orientación, cada una de estas regiones se llama grano, por lo que en escalas muy pequeñas la aleación es una colección de granos.

Figura 7

Antes, corrosión intergranular.

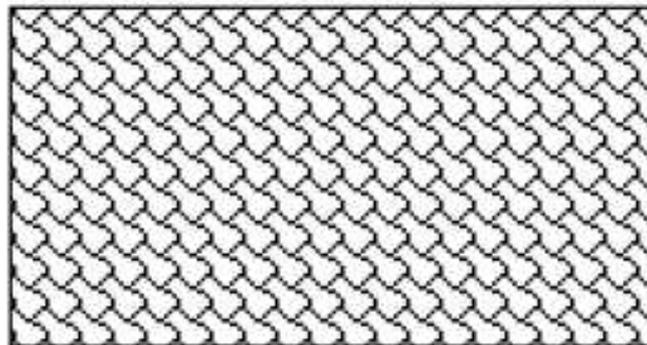
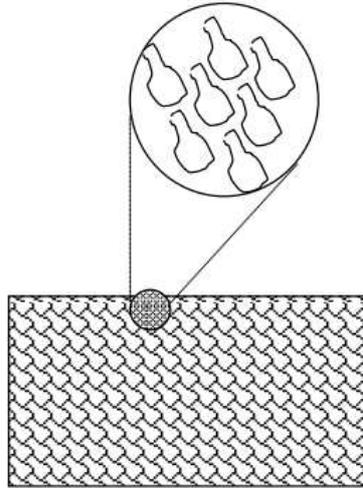


Figura 8

Después, corrosión intergranular.



Estas partículas varían en tamaño y forma en casos individuales, pero basta decir que son visibles usando un microscopio óptico con aumentos de entre 20x y 200x. Los límites de grano exhiben varias características únicas, como una mayor energía almacenada, una disposición diferente de ciertos elementos de aleación minoritarios y, a menudo, una mayor susceptibilidad a la corrosión.

Por tanto, la corrosión intergranular es un ataque selectivo a los límites de grano. Esto se debe a que los límites de los granos son ligeramente más reactivos que la matriz, donde el ataque de los límites de grano puede ser causado por altas concentraciones de impurezas y bajas concentraciones de elementos pasivantes en los límites de grano, a medida que avanza la infección, los cereales integrales pueden desprenderse.

En las aleaciones de níquel y aceros inoxidables, a menudo se añade cromo como elemento de aleación porque mejora la resistencia a la corrosión; para el acero, el contenido de cromo debe mantenerse en un mínimo del 12% para asegurar la pasividad y estabilidad de la capa superficial que protege y evita la oxidación del acero. En la soldadura o un tratamiento térmico insuficiente, se favorece la formación de carburos de cromo y depósitos en los límites de grano, por lo que el cromo libre se consume cerca de las regiones límite de grano, que no están protegidas y son menos resistentes a la corrosión que el resto del material (Vásquez, 2018, pp. 49-68).

Corrosión bajo tensión

La corrosión por tensión se diferencia de la fatiga por corrosión en que requiere vías de debilidad preexistentes (generalmente, pero no siempre, intergranulares); por tanto, ocurre sólo en algunos materiales después de ciertos tratamientos térmicos (Evans, 1951, p.1).

La corrosión por tensión ocurre en algunos materiales metálicos debido a los efectos combinados de un ambiente corrosivo y tensiones de tracción (cargas aplicadas externamente o tensiones internas).

Figura 9

Antes, corrosión bajo tensión.

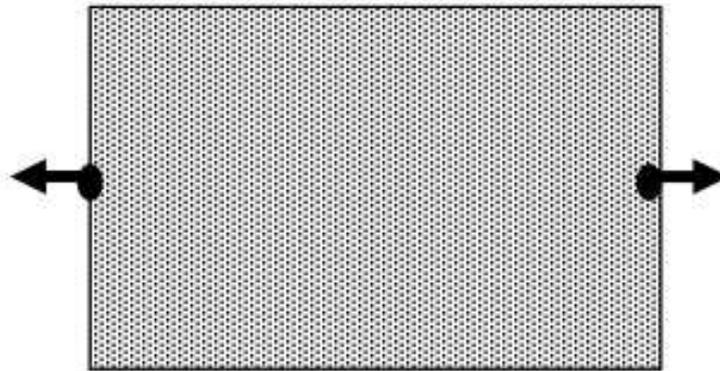
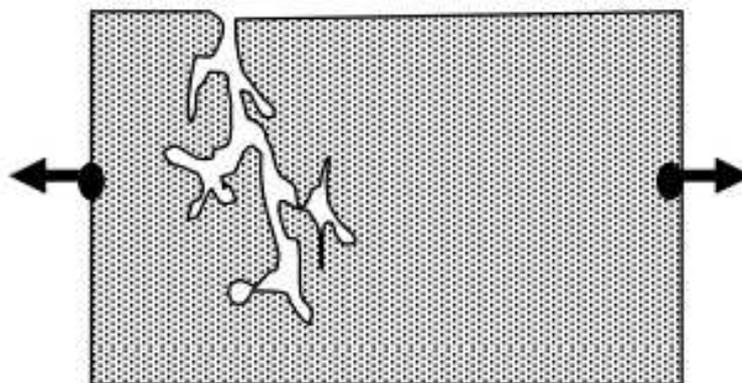


Figura 10

Después, corrosión bajo tensión.



Es un mecanismo progresivo que conduce al fallo del material metálico, resultando en grietas muy ramificadas, donde entra en juego el efecto sinérgico, esto significa que dos o más elementos deben trabajar juntos para lograr un resultado determinado, donde influyen factores relacionados con las condiciones de tensión mecánica a las que está expuesta la pieza de trabajo y relacionados con la composición química del entorno, ninguno produce el mismo efecto. Las tensiones requeridas pueden ser el resultado de las tensiones que su función ejerce sobre el material (por ejemplo, tirantes en puentes colgantes que soportan peso), sin embargo, también puede ser causado por tensiones residuales dejadas en el material por el proceso de conformado o ensamblaje final, un tratamiento térmico adecuado puede reducir o eliminar parcialmente la tensión residual, la carga cíclica a menudo se denomina fatiga por corrosión.

En la mayoría de los casos, la falla por corrosión por tensión es impredecible y puede ocurrir tras horas, meses o años de servicio satisfactorio, a menudo ocurre en ausencia de otros ataques corrosivos, casi todas las aleaciones pueden someterse a este tipo de ataque cuando se combinan determinados entornos y diversas condiciones externas, dos ejemplos de materiales susceptibles al agrietamiento por corrosión bajo tensión (si se cumplen las condiciones necesarias) es el acero inoxidable en medios con iones cloruro y el latón en contacto con medios ricos.

Corrosión erosión

Figura 11

Antes, corrosión erosión.

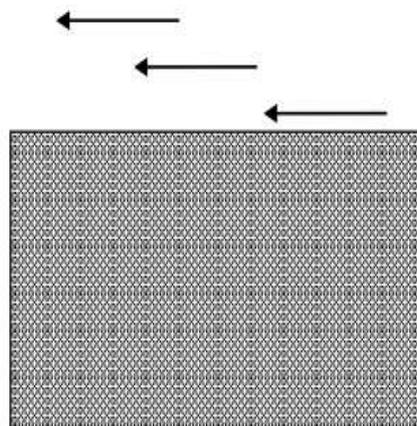
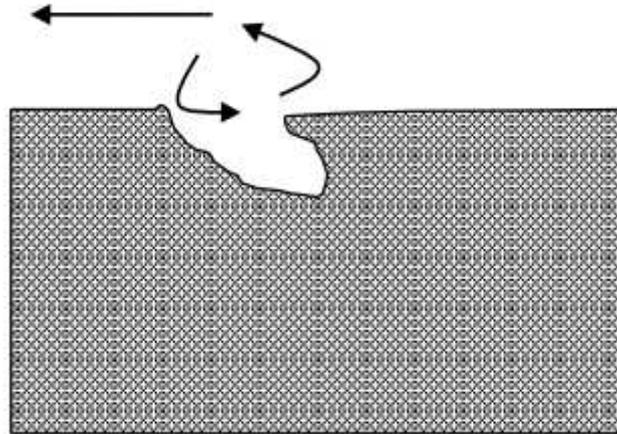


Figura 12

Después, corrosión erosión.



Ocurre cuando la corrosión va acompañada de un proceso de desgaste mecánico (o abrasivo), generalmente debido al movimiento relativo del material metálico y el medio corrosivo, este sería el caso de una tubería por la que circula un líquido agresivo a gran velocidad, en estos casos, la capa pasiva está constantemente sometida a corrosión y desgaste simultáneos, por lo que la eliminación progresiva de esta capa protectora acelera la corrosión; los materiales relativamente más blandos son aquellos que se corroen y corroen con mayor facilidad, como el cobre, el aluminio y las aleaciones de plomo.

Estos materiales tienen una capa pasiva gruesa, suave y no pegajosa, lo que los hace más vulnerables a este tipo de ataques; los aceros inoxidable y las aleaciones de titanio, por el contrario, son casi completamente estables, el efecto es mayor cuando hay materia suspendida como arena en el medio líquido, la situación también se agrava cuando el flujo es turbulento (altas velocidades de flujo con remolinos), lo que puede provocar imperfecciones.

Cada material tiene un flujo crítico particularmente vulnerable a esta forma de ataque; cuando esto sucede, se forman hendiduras en forma de herradura que apuntan hacia el movimiento del fluido.

Cuando hablamos de líquidos solemos pensar en líquidos, pero en este caso también puede ser un líquido gaseoso o incluso un líquido con varias fases, por ejemplo, un líquido con

burbujas de gas, casi todos los materiales que entran en contacto con un fluido en movimiento se erosionarán y corroerán hasta cierto punto esta situación es casi ineluctable en tuberías y tubos, especialmente cuando existen codos, bridas, soldaduras u otro tipo de uniones que cambian la dirección del flujo o crean turbulencias (Vásquez, 2018, pp. 49-68).

Dealeado

También conocida como aleación selectiva. Implica la eliminación primaria del agente de aleación mediante procesos de corrosión, un ejemplo común es la descalcificación del latón; el latón es una aleación en la que el cobre es mayoritario y el zinc es una de las aleaciones más importantes; cuando el latón entra en contacto con un agente corrosivo, sufre una aleación: la mayor parte del zinc se disuelve, convirtiendo la aleación en una estructura de cobre debilitada y porosa. La pérdida selectiva de zinc, puede ocurrir de manera uniforme o local.

Otro ejemplo es la disolución primaria del hierro en hierro gris, dejando un cuerpo carbonoso quebradizo, este proceso también se llama corrosión del grafito o grafitización; la fundición gris recibe su nombre por el aspecto de su superficie cuando se rompe, suele contener más de 2 carbonos y más de 1 silicio, además de manganeso, fósforo y azufre, y es uno de los materiales férricos más utilizados.

Durante la corrosión por grafito del hierro fundido, la red porosa de grafito, que constituye del 4 al 5% de la masa total de la aleación, se satura con productos de corrosión insolubles, por tanto, el material conserva su apariencia y forma, pero es estructuralmente más débil para detectar corrosión por picaduras; se puede raspar la superficie con un cuchillo para exponer el hierro que se encuentra debajo si la corrosión del grafito está muy extendida, la única solución es sustituir el elemento dañado (Vásquez, 2018, pp. 49-68).

Figura 13

Antes, deleado.

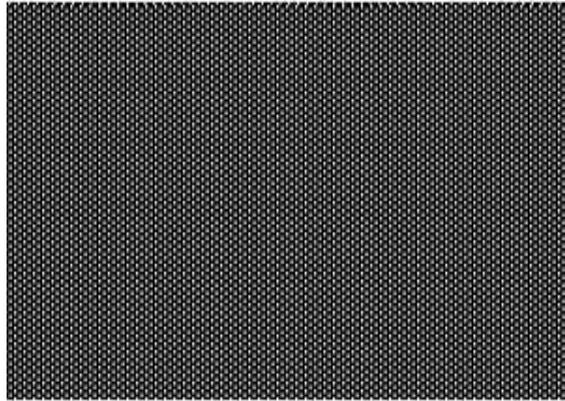
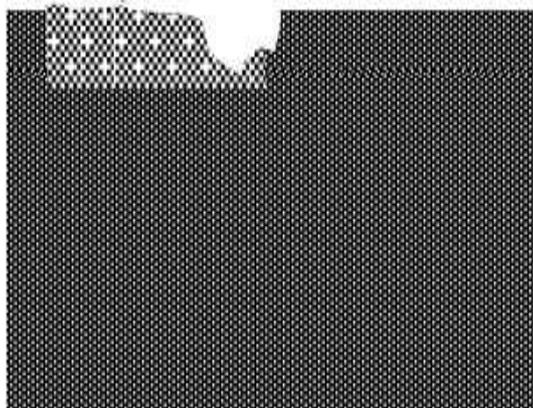


Figura 14

Después, deleado.



Fragilización por hidrógeno

La fragilización por hidrógeno de un metal o aleación implica la incorporación de átomos de hidrógeno en el material, lo que reduce drásticamente su ductilidad y su resistencia mecánica, causando fallas y grietas catastróficas aun cuando los esfuerzos mecánicos estén por debajo del límite de los que puede soportar ese material; el hidrógeno atómico se produce cuando un ion hidrógeno (un protón, H⁺) acepta los electrones del metal que se oxida.

Figura 15

Antes, fragilización por hidrógeno.

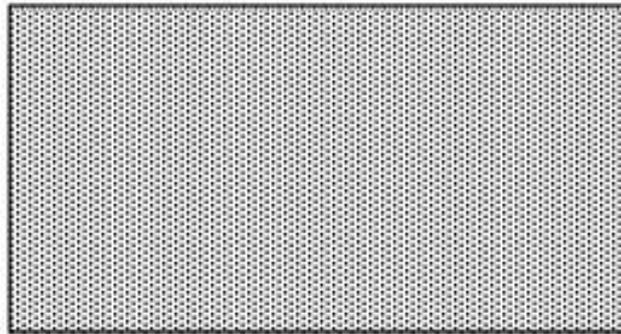
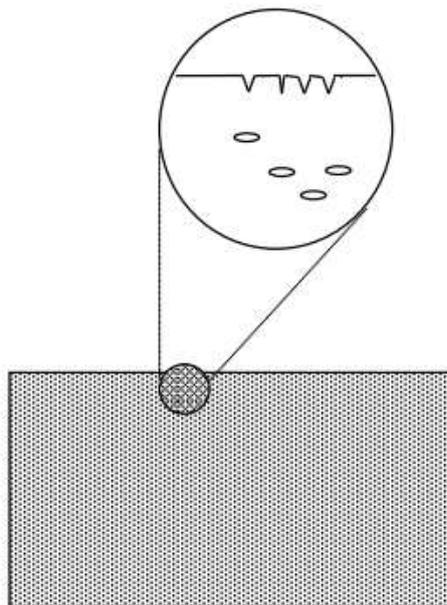


Figura 16

Después, fragilización por hidrógeno.



Normalmente, los átomos de hidrógeno deberían aparearse para convertirse en moléculas de hidrógeno (H_2). Estas moléculas deberían desprenderse del material como burbujas de hidrógeno gaseoso sin causar ningún daño. Algunos metales pueden permitir que los átomos de hidrógeno penetren en la estructura, antes de convertirse en una molécula el pequeño tamaño del átomo de hidrógeno juega claramente a favor de esta incursión.

En el metal, los átomos de hidrógeno pueden hacer travesuras que resultan en lo que se conoce como daño por hidrógeno, las fuentes de hidrógeno que causan esta fragilización pueden relacionarse con los procesos de fabricación de acero, con el procesamiento de las piezas, con procesos de soldadura, y lógicamente con el almacenamiento o la contención de gas de hidrógeno, en ciertos casos, el hidrógeno puede aparecer como un subproducto de la corrosión generalizada, particularmente en la industria nuclear, y el hidrógeno puede añadirse durante la refrigeración del reactor, aleaciones de titanio y aleaciones de aluminio (Vásquez, 2018).

Corrosión microbiológica

Se la conoce también corrosión inducida microbiológicamente o por sus siglas en inglés: MIC. En estos casos, el elemento distintivo es ciertamente la participación de microorganismos al que se identifica como el factor capaz de iniciar, promover o acelerar un proceso de corrosión que afecta industrias como la eléctrica, petrolera, nuclear, del papel y alimentos, entre otras. Se ha estimado que el 20 o 30% de las fallas en tuberías de transporte de hidrocarburos, están relacionadas con problemas de corrosión microbiológica, afectando la parte interna y externa de los conductos; la simple presencia de microorganismos en un sistema no necesariamente indica que causen problemas de corrosión, ya que algunas poblaciones bacterianas que son problemáticas en un sistema específico, pueden no tener efecto alguno en otro sistema diferente donde los microorganismos pueden generar productos metabólicos que produzcan un ambiente particularmente agresivo.

Los procesos metabólicos de los microorganismos están relacionados con reacciones químicas que permiten la generación de energía, a través de la asimilación de nutrientes que se encuentran en el medio circundante, dichos procesos pueden tener diferentes consecuencias, entre las que se puede mencionar la destrucción de las películas protectoras superficiales, la generación de ambientes que son localmente muy ácidos, la formación de depósitos, y otros; el factor clave para la alteración de las condiciones de la superficie metálica y con esto, un incremento en la velocidad de corrosión, es la formación de una biopelícula.

Una biopelícula es un conglomerado microbiano compuesto por bacterias, algas y otros microorganismos que está constituido de una matriz gelatinosa de material polimérico extracelular (MPE) con un elevado contenido de agua (aproximadamente del 80 al 95% de la masa), la cual modifica las condiciones de la interfase metal/entorno, donde las reacciones que se producen entre los metabolitos microbianos y la superficie metálica pueden ocurrir por debajo o por dentro de la estructura de la biopelícula (Vásquez, 2018, pp. 49-68).

Corrosión de la línea de flotación

Este tipo de corrosión se da en los tanques metálicos; cuando estos están parcialmente llenos de agua, el área debajo de la superficie del agua está poco oxigenada y actúa como ánodo, mientras que el área superior de la línea de agua tiene una cantidad significativa de oxígeno y actúa como cátodo. De este modo, el área justo debajo del nivel del agua se corroe y el área por encima del nivel queda protegida, la mayoría de los ingenieros navales se enfrentan a este tipo de corrosión, se puede reducir hasta cierto punto utilizando pinturas antiincrustantes (Harsimran et al., 2021, p. 19).

Corrosión en los aceros

La corrosión del acero es la principal causa del deterioro de las estructuras de hormigón armado (RC). Al evaluar el mecanismo de corrosión, la heterogeneidad inherente de las estructuras de hormigón y el efecto significativo de los factores ambientales siguen siendo problemas importantes en la interpretación de los datos; la condición de la superficie del acero y las heterogeneidades locales en la interfaz acero-hormigón parecen tener un efecto importante en el inicio de la corrosión, considerando la corrosión uniforme en estructuras de RC expuestas a la atmósfera. Los dos principales factores que influyen en el proceso de corrosión son el contenido de agua y la estructura de los poros en la interfaz acero-hormigón, sin embargo, independientemente del mecanismo de carbonatación o corrosión inducida por cloruro, se espera que la corrosión no uniforme sea el proceso principal para las estructuras RC debido a las variaciones locales en la exposición ambiental o la presencia de barras de refuerzo interconectadas con diferentes propiedades (Rodríguez et al., 2021, p.1).

La tasa de corrosión es un parámetro importante para predecir cuantitativamente la vida útil de las estructuras de hormigón armado limitadas por el deterioro por corrosión, la tecnología actual de polarización lineal, como los dispositivos 3LP y Gecor, se han utilizado con éxito para medir la velocidad de corrosión (densidad de corriente de corrosión) en estructuras de hormigón armado, pero la tasa de corrosión medida con estos dispositivos es sólo un valor instantáneo correspondiente a una determinada temperatura del hormigón y contenido de humedad en el momento de la medición debido a la naturaleza dinámica de las condiciones de exposición ambiental y del concreto (Liu & Weyers, 1998, p.1).

Tabla 1

Corrosión.

Agente de corrosión	Concentración	Resistencia a la corrosión		
		Temperaturas	AISI 304	AISI 316
Aceites comestibles	-	Ebull.	Buena	Buena
Aceites minerales	-	50°	Buena	Buena
Aceites vegetales	-	Ebull.	Buena	Buena
Acetona	Todas	20°	Buena	Buena
Ácido acético	20%	20° - Ebull.	Buena	Buena
Ácido acético	Concent	70°	Buena	Buena
Ácido acético	Concent.	Ebull.	Regular	Buena
Ácido bórico	Todas	20° - Ebull.	Buena	Buena
Ácido cianhídrico	Sol. Saturada	20°	Buena	Buena
Ácido cítrico	1% - 10%	20° - Ebull.	Buena	Buena
Ácido cítrico	Más de 50%	20°	Buena	Buena
Ácido cítrico	Más de 50%	Ebull.	Mala	Regular
Ácido clorhídrico	1%	20°	Regular	Buena
Ácido clorhídrico	1%	50°	Mala	Regular
Ácido clorhídrico	1%	Ebull.	Mala	Mala
Ácido clorhídrico	Más de 1%	20° - Ebull.	Mala	Mala
Ácido fluorhídrico	Todas	20° - 50°	Mala	Mala
Ácido fluorhídrico	Gaseoso	Hasta 200°	Buena	Buena
Ácido fosfórico	Todas	20°	Buena	Buena
Ácido fosfórico	10% - 50%	Ebull.	Regular	Buena
Ácido fosfórico	Concent.	Más De 100°	Mala	Mala
Ácido láctico	Todas	20°	Buena	Buena
Ácido láctico	Todas	Ebull.	Regular	Buena
Ácido nítrico	Hasta 50%	20° - Ebull.	Buena	Buena
Ácido nítrico	65% - 40° Bé	20° - 50°	Buena	Buena
Ácido nítrico	65% - 40° Bé	Ebull.	Regular	Regular
Ácido nítrico	80% - 95%	20° - 50°	Buena	Buena

Agente de corrosión	Concentración	Resistencia a la corrosión		
		Temperaturas	AISI 304	AISI 316
Ácido nítrico	Más de 80%	Ebull.	Mala	Mala
Ácido nítrico	Más de 95%	20° - 50°	Regular	Regular
Ácido oxálico	10% - 50%	20°	Buena	Buena
Ácido oxálico	10% - 50%	Ebull.	Mala	Regular
Ácido salicílico	10%	20° - Ebull.	Buena	Buena
Ácido sulfúrico	1%	20° - 75°	Regular	Buena
Ácido sulfúrico	1%	Ebull.	Mala	Regular
Ácido sulfúrico	10%	20° - 50°	Mala	Buena
Ácido sulfúrico	10%	75° - Ebull.	Mala	Mala
Ácido sulfúrico	Más de 20%	20°	Mala	Buena
Ácido sulfúrico	Más de 20%	50° - Ebull.	Mala	Mala
Ácido de mar	-	35°	Regular	Buena
Agua oxigenada	-	20°	Buena	Buena
Agua potable	-	20° - Ebull.	Buena	Buena
Agua regia	-	20°	Mala	Mala
Aire	-	-	Buena	Buena
Alcohol etílico	-	20° - Ebull.	Buena	Buena
Alcohol metílico	-	20° - Ebull.	Buena	Buena
Amoniaco	Gas	20° - 100°	Buena	Buena
Amoniaco	Sol. Acuosa	20° - Ebull.	Buena	Buena
Atmósfera marina	-	-	Regular	Buena
Azúcar en solución y jarabes	-	20° - Ebull.	Buena	Buena
Azufre fundido	-	130°	Buena	Buena
Baños fotográficos de revelado	-	20°	Buena	Buena
Benzol	-	20°	Buena	Buena
Cloro	Gas Seco	Hasta 400°	Regular	Regular
Cloro	Gas Húmedo	20°	Mala	Mala
Cloruro sódico	Sol. Saturada	20° - Ebull.	Regular	Buena
Colas	-	Ebull.	Buena	Buena
Éter	-	20°	Buena	Buena
Gasolina	-	20°	Buena	Buena
Glicerina	-	20° - 100°	Buena	Buena
Jabones	-	20°	Buena	Buena
Jugos de limón y naranja	-	20°	Buena	Buena
Jugo de tomate	-	20°	Regular	Buena
Lacas	-	-	Buena	Buena
Leche	-	20° - Ebull.	Buena	Buena
Leche fermentada	-	20°	Buena	Buena
Leche fermentada	-	Ebull.	Regular	Buena
Licores	-	-	Buena	Buena
Mercurio	-	20° - 50°	Buena	Buena
Mostaza	-	20°	Buena	Buena

Agente de corrosión	Concentración	Resistencia a la corrosión		
		Temperaturas	AISI 304	AISI 316
Nitrato de plata	10%	20° - Ebull.	Buena	Buena
Orina	-	20°	Buena	Buena
Parafina	-	100°	Buena	Buena
Permanganato potásico	Todas	20° - Ebull.	Buena	Buena
Petróleo	-	20°	Buena	Buena
Potasa cáustica	10%	20° - Ebull.	Buena	Buena
Potasa cáustica	50%	20°	Buena	Buena
Potasa cáustica	50%	Ebull.	Regular	Regular
Quesos	-	20°	Buena	Buena
Sangre	-	20°	Buena	Buena
Sidra	-	20°	Buena	Buena
Sosa cáustica	10%	20° - Ebull.	Buena	Buena
Sosa cáustica	50%	20°	Buena	Buena
Sosa cáustica	50%	Ebull.	Regular	Regular
Sulfato de cobre	50%	Ebull.	Buena	Buena
Sulfato ferroso	10%	20° - Ebull.	Buena	Buena
Sulfuro de carbono	-	20° - Ebull.	Buena	Buena
Taninos	Todas	20° - Ebull.	Buena	Buena
Tintas	-	20° - Ebull.	Buena	Buena
Tricloroetileno	-	Ebull.	Buena	Buena
Vapor de agua	-	300°	Buena	Buena
Vinagre	-	20° - Ebull.	Buena	Buena
Vino	-	20°	Regular	Buena

Ejercicios



Ejercicios

Ejercicio 1.

Considere un par de corrosión cobre-zinc. Si la densidad de corriente en el cátodo de cobre es de 0.05 A/cm^2 , calcule la pérdida en peso de zinc por hora si (a) el área catódica de cobre es de 100 cm^2 y el área del zinc es de 1 cm^2 ; (b) el área catódica de cobre es de 1 cm^2 y el área anódica del zinc es de 100 cm^2 .

- a. Para el área anódica pequeña de zinc:

$$I = i_{Cu}A_{Cu} = (0.05 \text{ A/cm}^2)(100 \text{ cm}^2)$$

$$I = 5 \text{ A}$$

$$W_{Zn} = \frac{ItM}{nF} = \frac{5 \times 3600 \times 65.38}{2 \times 96.500} = 6.1 \text{ g/h}$$

- b. Para el área anódica grande del zinc:

$$I = i_{Cu}A_{Cu} = (0.05 \text{ A/cm}^2)(1 \text{ cm}^2)$$

$$I = 0.05 \text{ A}$$

$$W_{Zn} = \frac{ItM}{nF} = \frac{0.05 \times 3600 \times 65.38}{2 \times 96.500} = 0.061 \text{ g/h}$$

La proporción de corrosión del zinc se reduce de manera significativa cuando el ánodo de zinc es mayor que el cátodo.

Ejercicio 2.

Un proceso de electrodeposición de cobre utiliza 15A de corriente para disolver químicamente (corroer) un ánodo de cobre y electro depositar un cátodo de cobre. Si se supone que no hay reacciones secundarias, ¿Cuánto tiempo tardarán en corroerse 8,50g de cobre del ánodo?

El tiempo que tarda el cobre del ánodo en corroerse puede ser determinado por la ecuación:

$$w = \frac{ItM}{nF}$$

En este caso:

$$w = 8.5g$$

$$M = 63,5 \frac{g}{mol(Cu)}$$

$$n = 2(Cu \rightarrow Cu^{2+} + 2e^{-})$$

$$I = 15$$

$$F = 96500 \text{ Axs/mol}$$

$$t = \frac{(8,5g)(2)(96500 \frac{As}{mol})}{(15A)(63,5 \frac{g}{mol})} = 1722s \text{ o } 28,7 \text{ min}$$

Ejercicio 3.

Una pila galvánica consta de un electrodo de zinc en una disolución 1M de ZnSO₄, y otro electrodo de níquel en una disolución 1M de NiSO₄. Ambas disoluciones están separadas por una pared porosa para impedir la mezcla entre ellas. Un cable externo con un interruptor conecta a los dos electrodos. En el momento en que cerramos el interruptor:

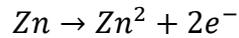
¿En qué electrodo se produce la oxidación?

¿Qué electrodo es el ánodo de la pila?

¿Qué electrodo se corroe?

¿Cuál es la fem de la pila en el momento de conexión?

Las semirreacciones de la pila son:



$$E^0 = -0.763 \text{ V}$$

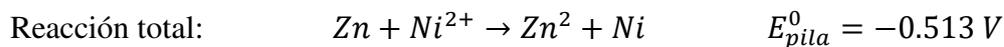
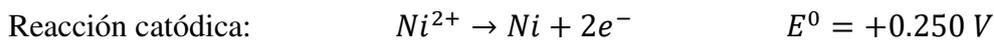
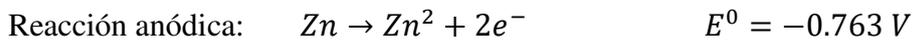
$$E^0 = +0.250 \text{ V}$$

La oxidación tiene lugar en el electrodo de zinc ya que la semirreacción del zinc tiene un potencial $E^0 = -0.763 \text{ V}$ más negativo comparado con el potencial de la semirreacción del níquel $E^0 = -0.250 \text{ V}$

El electrodo de zinc es el ánodo ya que la oxidación ocurre en el ánodo.

El electrodo de zinc es el que oxida puesto que es en el ánodo donde tienen lugar este fenómeno.

La fem se obtiene sumando las dos reacciones.



Ejercicio 4.

En una tubería vertical de acero bajo en carbono de 18 cm de diámetro y 70cm de longitud, se encuentra agua aireada hasta un nivel de 20 cm de la longitud de la tubería. Después de 8 días, la tubería presenta una pérdida de peso por corrosión de 200g. Calcule: a. la corriente de corrosión y b. la densidad de corriente que interviene en la corrosión del tanque. Suponga

una corrosión uniforme en la superficie interior del tanque y que el acero se corroe de la misma manera que el hierro puro.

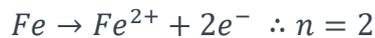
a. La corriente de corrosión.

Para determinar la corriente de corrosión se debe emplear la Ley de Faraday:

$$I = \frac{W \cdot n \cdot F}{t \cdot M}$$

Donde:

- I es la corriente de corrosión (A).
- W es el peso de metal corroído o electrodepositado en una solución acuosa (g)
- t es el tiempo (s).
- n es el número de electrones átomo producidos o consumidos en el proceso.
- M es la masa molar del elemento que se corroe (g/mol).
- F es la constante de Faraday (96485 C/mol o A·s / mol).



$$I = \frac{W \cdot n \cdot F}{t \cdot M}$$

$$I = \frac{200 \text{ g} \cdot 2 \cdot 96485 \frac{\text{A} \cdot \text{s}}{\text{mol}}}{691200 \text{ s} \cdot 55.85 \frac{\text{g}}{\text{mol}}} = 0.99 \text{ A}$$

b) La densidad de corriente que interviene en la corrosión del tanque.

$$i = \frac{I}{A}$$

Donde:

- i es la densidad de corriente (A/cm²).
- I es la intensidad de corriente (A).
- A es el área de la superficie corroída del tanque = área lateral + área de fondo d=18 cm, por lo que el radio sería 9 cm= 0.09 m y la longitud del nivel de agua es 20 cm=0.2 m.

$$i = \frac{0.99A}{2\pi \cdot 0.09 \text{ m} \cdot 0.2 \text{ m} + \pi \cdot (0.09 \text{ m})^2} = 2.50 \frac{A}{m^2}$$

Ejercicio 5.

Una tubería de acero de 10 cm de diámetro y 1m de longitud se entierra en el suelo. El suelo tiene una conductividad eléctrica de 0.005 S/m. Emplear un potencial de corrosión del acero en el suelo de -0,4 V. a. ¿Cuál es la corriente de corrosión que circula por la tubería? b. Pérdida de masa de la tubería por corrosión en un período de 10 años.

a. ¿Cuál es la corriente de corrosión que circula por la tubería?

Convertir el diámetro a metros: $d = 0.1\text{m}$, por lo que el radio sería 0.05 m .

Primero necesitamos calcular la resistividad del suelo:

$$\rho = \frac{1}{\sigma}$$

Donde:

ρ es la resistividad del suelo y σ es la conductividad eléctrica del suelo.

Entonces:

$$\rho = \frac{1}{0.005 \frac{S}{m}} = 200 \Omega \cdot m$$

Ahora calculamos la resistencia de la tubería a partir de la siguiente ecuación:

$$R = \rho \cdot \frac{l}{A}$$

Donde:

- R es la resistencia de la tubería (Ω).
- ρ es la resistividad del suelo ($\Omega \cdot m$).

- l es la longitud de la tubería (m).
- A es el área de la superficie de contacto entre la tubería y el suelo ($2\pi \cdot r \cdot l$).

Reemplazando los datos del ejercicio se obtiene:

$$R = 200 \Omega \cdot m \cdot \frac{1 m}{2\pi \cdot 0.05 m \cdot 1 m} = 636.62 \Omega$$

Ahora se calcula la corriente de corrosión, a partir de la siguiente ecuación:

$$I = \frac{E}{R}$$

Donde:

- I es la corriente de corrosión (A).
- E es el potencial de corrosión (V).
- R es la resistencia de la tubería (Ω).

Reemplazando datos:

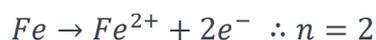
$$I = \frac{-0.4 V}{636.62 \Omega} = -0.000628 A$$

La corriente de corrosión es negativa, lo cual es consistente con la convención adoptada donde un valor más negativo indica una mayor tendencia a la corrosión. Este valor representa la corriente de corrosión que circula por la tubería de acero.

- b. Pérdida de masa de la tubería por corrosión en un período de 10 años (31536000 s).

Para determinar la pérdida de masa empleamos la Ley de Faraday:

$$W = \frac{I \cdot t \cdot M}{n \cdot F}$$



Donde:

- I es la corriente de corrosión (A).
- W es el peso de metal corroído o electrodepositado en una solución acuosa (g).
- t es el tiempo (s).

- n es el número de electrones átomo producidos o consumidos en el proceso.
- M es la masa molar del elemento que se corroe (g/mol).
- F es la constante de Faraday (96485 C/mol o A·s / mol).

$$W = \frac{-0.000628 \text{ A} \cdot 31536000 \text{ s} \cdot 55.85 \frac{\text{g}}{\text{mol}}}{2 \cdot 96485 \frac{\text{A} \cdot \text{s}}{\text{mol}}} = -5.73 \text{ g}$$

La pérdida de masa de la tubería por corrosión en un período de 10 años es de 5.73 g.

Ejercicio 6.

En un proceso de electrodeposición de Cu, se utiliza una corriente de 12 amperios para corroer un ánodo de Cu y electro-depositar un cátodo de Cu. Suponiendo que no hay reacciones secundarias. Calcular el tiempo que se necesita para que se corroan 7.20 gramos de Cu del ánodo.

Para este caso debemos considerar los siguientes datos:

$$n = 2(\text{Cu} \rightarrow \text{Cu}^{2+} + 2e^-)$$

$$W = 7.2 \text{ g}$$

$$M = 63,5 \frac{\text{g}}{\text{mol}} \text{ para el Cu}$$

$$I = 12 \text{ A}$$

$$F = 96485 \frac{\text{A} \cdot \text{s}}{\text{mol}}$$

Considerando la ecuación del anterior ejercicio y despejando el tiempo:

$$W = \frac{I \cdot t \cdot M}{n \cdot F}; \quad t = \frac{W \cdot n \cdot F}{I \cdot M}$$

$$t = \frac{7.2 \text{ g} \cdot 2 \cdot 96485 \frac{\text{A} \cdot \text{s}}{\text{mol}}}{12 \text{ A} \cdot 63.5 \frac{\text{g}}{\text{mol}}} = 1823.34 \text{ s} = 30.39 \text{ min}$$

Ejercicio 7.

Una celda galvánica de zinc-cobre consiste en un electrodo de zinc en una solución 1M de ZnSO_4 y un electrodo de cobre en una solución 1M de CuSO_4 . Cada electrodo y su electrolito están separados por una pared porosa, y toda la celda está a 25°C . Ambos electrodos se comunican con un alambre de hierro. a. ¿Cuál electrodo es el ánodo?, b. ¿Cuál electrodo se corroe?, c. ¿En qué dirección fluirán los electrones?, d. ¿En qué dirección se moverán los aniones en las soluciones?, e. ¿En qué dirección se moverán los cationes en las soluciones?, f. Escriba la reacción de media celda en el ánodo, g. Escriba la reacción para la media celda en el cátodo.

a. ¿Cuál electrodo es el ánodo?

El ánodo es donde ocurre la oxidación. En este caso, el zinc es más propenso a oxidarse que el cobre, por lo tanto, el electrodo de zinc es el ánodo.

b. ¿Cuál electrodo se corroe?

El electrodo que es el ánodo es el que se corroe. En este caso, el electrodo de zinc se corroerá.

c. ¿En qué dirección fluirán los electrones?

Los electrones siempre fluyen del ánodo (donde ocurre la oxidación) al cátodo (donde ocurre la reducción). En este caso, los electrones fluirán desde el electrodo de zinc al electrodo de cobre.

d. ¿En qué dirección se moverán los aniones en las soluciones?

Los aniones fluyen hacia el ánodo, donde se reducen. En este caso, los aniones sulfato (SO_4^{2-}) fluyen hacia el electrodo de zinc.

e. ¿En qué dirección se moverán los cationes en las soluciones?

Los cationes fluyen hacia el cátodo, donde se oxidan. En este caso, los cationes cobre (Cu^{2+}) fluyen hacia el electrodo de cobre.

f. Escriba la reacción de media celda en el ánodo.

La reacción de media celda en el ánodo es la siguiente: $\text{Zn} \rightarrow \text{Zn}^{2+} + 2\text{e}^-$. En esta reacción, el zinc se oxida a zinc (II) iones, liberando dos electrones.

g. Escriba la reacción para la media celda en el cátodo.

La reacción de media celda en el cátodo es la siguiente: $\text{Cu}^{2+} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Cu}$. En esta reacción, los iones cobre (II) se reducen a cobre metálico, captando dos electrones.

Ejercicio 8.

Una celda galvánica de aluminio-manganeso consiste en un electrodo de aluminio en una solución 1M de AlCl_3 y un electrodo de manganeso en una solución 1M de MnSO_4 . Cada electrodo y su electrolito están separados por una pared porosa, y toda la celda está a 25°C . Ambos electrodos se comunican con un alambre de hierro. a. ¿Cuál electrodo es el ánodo?, b. ¿Cuál electrodo se corroe?, c. ¿En qué dirección fluirán los electrones?, d. ¿En qué dirección se moverán los aniones en las soluciones?, e. ¿En qué dirección se moverán los cationes en las soluciones?, f. Escriba la reacción de media celda en el ánodo, g. Escriba la reacción para la media celda en el cátodo.

a. ¿Cuál electrodo es el ánodo?

El ánodo es donde ocurre la oxidación. En este caso, el electrodo de aluminio es el ánodo.

b. ¿Cuál electrodo se corroe?

El electrodo de aluminio se corroe ya que está experimentando oxidación.

c. ¿En qué dirección fluirán los electrones?

Los electrones fluirán del ánodo (electrodo de aluminio) al cátodo (electrodo de manganeso) a través del alambre de Fe.

d. ¿En qué dirección se moverán los aniones en las soluciones?

Los iones Al^{3+} se moverán hacia el cátodo a través de la pared porosa.

Los iones SO_4^{2-} se moverán hacia el ánodo a través de la pared porosa.

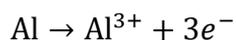
e. ¿En qué dirección se moverán los cationes en las soluciones?

Los iones Mn^{2+} se moverán hacia el ánodo a través de la pared porosa.

Los iones Cl^- se moverán hacia el cátodo a través de la pared porosa.

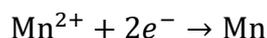
f. Escriba la reacción de media celda en el ánodo.

La oxidación ocurre en el ánodo. La reacción de media celda en el ánodo es:



g. Escriba la reacción para la media celda en el cátodo.

La reducción ocurre en el cátodo. La reacción de media celda en el cátodo es:



Ejercicio 9.

Una pila galvánica consta de un electrodo de hierro en una disolución 1M de FeSO_4 , y otro electrodo de cobre en una disolución 1M de CuSO_4 . Ambas disoluciones están separadas por una pared porosa para impedir la mezcla entre ellas. Un cable externo con un interruptor conecta a los dos electrodos. En el momento en que cerramos el interruptor: a. ¿En qué electrodo se produce la oxidación? b. ¿Qué electrodo es el ánodo de la pila? c. ¿Qué electrodo se corroe? d. ¿Cuál es la fem de la pila en el momento de conexión?

a. ¿En qué electrodo se produce la oxidación?

La oxidación ocurre en el electrodo donde el metal se convierte en iones metálicos. En este caso, el hierro (*Fe*) se oxidará, por lo que la oxidación ocurre en el electrodo de hierro.

b. ¿Qué electrodo es el ánodo de la pila?

El ánodo es donde ocurre la oxidación. Por lo tanto, el electrodo de hierro es el ánodo de la pila.

c. ¿Qué electrodo se corroe?

El electrodo que es el ánodo y experimenta la oxidación se corroe. En este caso, el electrodo de hierro se corroe.

d. ¿Cuál es la fem de la pila en el momento de conexión?

Para determinar la fem de la pila, necesitamos conocer los potenciales estándar de reducción de cada electrodo. Estos valores suelen estar tabulados. Tomando los potenciales estándar de reducción a 25°C:

$$\begin{aligned}E^{\circ}(\text{Fe}^{2+}/\text{Fe}) &= -0.44\text{V} \\E^{\circ}(\text{Cu}^{2+}/\text{Cu}) &= +0.34\text{V}\end{aligned}$$

La fem de la pila se calcula restando el potencial del ánodo al potencial del cátodo:

$$\begin{aligned}\text{fem} &= E^{\circ}(\text{cátodo}) - E^{\circ}(\text{ánodo}) \\ \text{fem} &= 0.34\text{V} - (-0.44\text{V}) \\ \text{fem} &= 0.78\text{V}\end{aligned}$$

Ejercicio 10.

Un tanque de construcción de acero, que contiene un 0.15% de carbono, con dimensiones de 140 cm de altura y 55 cm de diámetro, almacena una solución de H_2SO_4 al 2% hasta una altura de 68 cm. La pérdida de peso del tanque debido a la corrosión se presenta en la siguiente Tabla:

Pérdida de peso (g)	tiempo (días)
---------------------	---------------

43

7

326

47

757

100

Considerando que se produce una corrosión generalizada y uniforme. Se busca calcular: a. La intensidad de corrosión después de 10 semanas, b. La densidad de corriente involucrada en la corrosión del tanque, c. La velocidad de corrosión del tanque expresada en miligramos por decímetro cuadrado y por día.

a. La intensidad de corrosión después de 10 semanas:

10 semanas= 70 días= 604800.02 segundos.

Empleamos la ecuación del ejercicio 7:

$$I = \frac{W \cdot n \cdot F}{t \cdot M}$$

Para obtener W al cabo de 10 semanas es necesario realizar una interpolación de los datos suministrados en la Tabla:

Pérdida de peso (g)	tiempo (días)
326	47
W=?	70
757	100

$$W = 336 + (70 - 47) \cdot \left(\frac{757 - 326}{100 - 70} \right) = 666.43 \text{ g}$$

$$I = \frac{666.43 \text{ g} \cdot 2 \cdot 96485 \frac{\text{A} \cdot \text{s}}{\text{mol}}}{604800.02 \text{ s} \cdot 55.85 \frac{\text{g}}{\text{mol}}} = 3.807 \text{ A}$$

b. La densidad de corriente involucrada en la corrosión del tanque:

$$J = \frac{I}{S}$$

Donde $S = 2\pi rh + \pi r^2 = 2\pi(0.275)(0.68) + \pi(0.275)^2 = 1.413 \text{ m}^2$

$$J = \frac{3.807 \text{ A}}{1.413 \text{ m}^2} = 2.69 \frac{\text{A}}{\text{m}^2}$$

c. La velocidad de corrosión del tanque expresada en miligramos por decímetro cuadrado y por día.

Tomando en cuenta la pérdida de peso 666.43 g en 70 días, la pérdida diaria por interpolación será de 0.55g= 550mg, y la superficie expuesta a corrosión hallada en el literal anterior es $1.413 \text{ m}^2 = 141.3 \text{ dm}^2$, entonces la velocidad de corrosión será:

$$V_c = \frac{550 \text{ mg/día}}{141.3 \text{ dm}^2} = 3.89 \text{ mdd}$$

Fichas técnicas de materiales con corrosión



Fichas técnicas de materiales con corrosión

Los atlas de corrosión son materiales de apoyo académico que brindan un enlace entre los conocimientos teóricos y los casos prácticos y los fenómenos de la corrosión que se generan en contextos reales. Son además, una colección centralizada de estudios de casos que proporciona desafíos específicos junto con soluciones relacionada con la corrosión, todo en un solo lugar.

Actualmente, los ingenieros de corrosión pierden tiempo buscando información específica de la industria para encontrar soluciones que requieren los equipos que han sufrido corrosión, por eso este Atlas es útil, ya que es una obra centralizada en estudios donde se tienen información detallada de soluciones a casos de corrosión en la realidad, ofreciendo así un servicio a los ingenieros sobre la corrosión, lo cual es conveniente para manejar equipos industriales comunes. Del mismo modo ofrecen un punto de vista operativo donde se desarrollan estudios de casos específicos, que se clasifican según el material en relación con el fenómeno de corrosión, describiendo además la apariencia del material corroído, el tiempo de servicio, las condiciones en las que se generó la corrosión, causa del fenómeno de corrosión y soluciones planteadas para el caso.

También se puede mencionar que un atlas de corrosión proporciona a los ingenieros soluciones convenientes para problemas de corrosión en equipos industriales comunes, independientemente de la industria en la que se encuentren. El atlas ofrece una visión operativa de nivel práctico, presentando casos de estudio concisos organizados por material o por tipo de fenómenos de corrosión que afectaron al material.

Cada caso incluye información sobre el fenómeno de corrosión, la apariencia del equipo respaldada por imágenes a color, el tiempo de servicio, las condiciones, la causa del problema y las soluciones sugeridas. Además, se complementa con una introducción fundamental sobre los principios de la corrosión, conocimientos relevantes para todos los ingenieros. Al saber qué es un atlas de corrosión, los ingenieros cuentan con una herramienta diaria que les permite resolver los problemas de corrosión en sus equipos.

Dentro de este contexto, este atlas es una referencia o recurso que contiene información detallada sobre diferentes formas de corrosión, sus causas, efectos y posibles soluciones. Su objetivo principal es proporcionar a los ingenieros, científicos y profesionales de la industria una guía práctica y visual para comprender y abordar los problemas de corrosión en diversos materiales y equipos.

Se incluye una variedad de casos de estudio de corrosión, que pueden estar categorizados por tipo de material, entorno corrosivo o industria específica. Cada caso de estudio ofrece una descripción detallada del problema de corrosión, junto con imágenes, gráficos y datos relevantes, como la apariencia del equipo corroído, las condiciones de operación, el tiempo de servicio, las causas subyacentes y las posibles estrategias de prevención o mitigación. Además de los casos de estudio, un atlas de corrosión puede contener información general sobre los principios fundamentales de la corrosión, como los diferentes tipos de corrosión, los factores que la afectan y las técnicas de evaluación y monitoreo. También puede incluir pautas y recomendaciones para el diseño, selección de materiales y prácticas de mantenimiento con el fin de minimizar los efectos de la corrosión.

A continuación, se detallan los casos de estudio que componen al presente atlas, los cuales responden al contexto industrial del Ecuador.

Material:

Tubo cuadrado de acero (ASTM A500). Composición química: C máx. (0,26%), Mn máx. (1,35%), P máx. (0,035%), S máx. (0,035%), Cu máx. (0,2%) (IMPORT ACEROS, 20232).

Malla electrosoldada trefilada (SAE 1006).

Composición química: C máx. (0,08 %), Mn máx. (0,25-0,40%), P máx. (0,040).

Sistema:

Reja metálica.

Elemento: Reja con malla metálica.

Registro fotográfico:

Tipo de corrosión: Corrosión atmosférica.

Apariencia: Corrosión perceptible a simple vista. La reja de varilla electrosoldada presenta corrosión uniforme en la totalidad de su superficie.

Tiempo de servicio:

5 años

Ambiente:

Exposición a la intemperie

Alta concentración de humedad en la base

Presión: 1024 hPa

Temperatura: 23 °C

Humedad: 60 % (ambiente)

Causa: Ataque atmosférico con baja humedad característico de la sierra ecuatoriana.

Solución

Medidas correctivas: Recubrir con una capa especial de pintura protectora los lugares sin recubrimiento.

Medidas preventivas: Evitar los pares galvánicos y seleccionar materiales con baja relación de área catódica/anódica.

Material:

Tubo cuadrado de acero (ASTM A500).
Composición química: C máx. (0,26%), Mn máx. (1,35%), P máx. (0,035%), S máx. (0,035%), Cu máx. (0,2%).
Malla electrosoldada trefilada (SAE 1006).
Composición química: C máx. (0,08 %), Mn máx. (0,25-0,40%), P máx. (0,040) (IMPORT ACEROS, 20232).

Elemento: Apoyo de reja metálica.

Registro fotográfico:**Sistema:**

Reja metálica.

Tipo de corrosión: Corrosión galvánica en C1 y C2.
Corrosión atmosférica húmeda C3.

Apariencia: Corrosión uniforme en la base de la estructura.
Malla metálica de varilla electrosoldada con corrosión uniforme.
Diferencia de potencial galvánico genera corrosión en los pernos C1 y C2.

Tiempo de servicio:
5 años

Ambiente:
Exposición a la intemperie
Presión: 1024 hPa
Temperatura: 23 °C
Humedad: 60 % (ambiente)

Causa: Presencia de humedad alta (por las lluvias) en el apoyo de la reja metálica lo cual generó corrosión uniforme C4 y C3. La diferencia de actividades del par galvánico en los pernos C1 y C3 ocasionó la corrosión localizada.

Solución

Medidas correctivas: Recubrir las áreas expuestas, implementar capa de protección de pintura anticorrosiva.

Medidas preventivas: Implementar materiales con baja relación de área catódica/anódica.
Aislamiento eléctrico entre los diferentes materiales.

Material:

Acero con acabado en negro ASTM A36.
Composición química: C máx. (0,20 %), Mn máx. (...), P máx. (0,04%), S máx. (0,05%), Si máx. (0,40%), Cu máx. (0,20%) (IMPORT ACEROS, 20232).

Sistema:

Protector metálico de varilla cuadrada.

Elemento: Reja metálica protectora.

Registro fotográfico:**Tipo de corrosión:**

Corrosión por soldadura C1.
Corrosión por soldadura C2, C3 Y C4.

Apariencia: Presencia de productos de oxidación del acero en las uniones de soldadura. Desprendimiento del material en el punto C1.

Tiempo de servicio:

2 años

Ambiente:

Humedad del ambiente
Exposición a factores climáticos
Presión: 1024 hPa
Temperatura: 23 °C
Humedad: 60 % (ambiente)

Causa: Pérdida de la pintura protectora y cambios en la actividad del material producto de los procesos de soldadura.

Solución

Medidas correctivas: Recubrir con una capa protectora las zonas afectadas por el proceso de soldadura.

Medidas preventivas: Realizar un postratamiento de las uniones de soldadura.

Seleccionar un revestimiento adecuado para la protección del metal base.

Material:

Aleación de aluminio (serie 6000).
Composición química: Mg (0,6-1,0 %), Si (0,2 - 0,6%) (IMPORT ACEROS, 20232).

Sistema:

Carrocería.

Elemento: Perno de sujeción.

Registro fotográfico:

Tipo de corrosión: Corrosión galvánica C1
Corrosión por soldadura C2

Apariencia: Producto de corrosión presente el perno de sujeción.
Zona de aplicación de soldadura del parachoques corroídas.

Tiempo de servicio:
2 años

Ambiente:
Exposición a atmósfera urbana
Condiciones climáticas
Presión: 1024 hPa
Temperatura: 23 °C
Humedad: 60 % (ambiente)

Causa: Diferencia de potencial entre los metales (perno-lámina), generó que se forme una celda electroquímica.
Zona afectada por la soldadura expuesta a la atmósfera y humedad del ambiente.

Solución

Medidas correctivas: Reemplazar los pernos de sujeción por otro con características químicas similares a la lámina.

Utilizar aislantes entre los metales para reducir la probabilidad de corrosión.

Aplicar un recubrimiento protector en las zonas expuestas al ambiente.

Medidas preventivas: Implementar aislamiento eléctrico entre los metales.

Realizar un postratamiento después del proceso de soldadura.

Material:

Acero HSLA.
Composición química: C (0,20%), N (0,02%), Mn (1,0%), Si (0,30%), Cu (0,20%), P (<0,005%), Ni (1,0%), Nb máx. (0,05%) (IMPORT ACEROS, 20232).

Sistema:

Tren delantero de rodamiento.

Elemento: Aro de llanta.

Registro fotográfico:

Tipo de corrosión: Corrosión por fricción.

Apariencia: Cara exterior del aro corroída en las zonas de contacto sometidas a fricción.

Tiempo de servicio:

2 años

Ambiente:

Variación de humedad y calor
Ambiente climático
Presión: 1024 hPa
Temperatura: 23 °C
Humedad: 60 % (ambiente)

Causa: El contacto directo entre los aros que estaban previamente en contacto generó la fricción entre ellos provocando que se inicie la corrosión por fricción.

Solución

Medidas correctivas: Implementar un aislante entre los aros que reduzca la fricción ocasionada por el contacto directo entre aros.

Medidas preventivas: seleccionar materiales de alta dureza.

Utilizar empaques para absorber las vibraciones y excluir el oxígeno de la superficie.

Material:

Láminas de acero perforado ASTM A36.
Composición química: C máx. (0,20 %), Mn máx. (...), P máx. (0,04%), S máx. (0,05%), Si máx. (0,40%), Cu máx. (0,20%). (IMPORT ACEROS, 20232).

Sistema:

Estribos.

Elemento: Estribos de láminas de acero perforado.

Registro fotográfico:

Tipo de corrosión: Corrosión uniforme.

Apariencia: Desprendimiento de la capa de pintura.
Presencia de productos de corrosión en las zonas descubiertas.

Tiempo de servicio:
2 años

Ambiente:
Expuesto a la intemperie
Atmósfera urbana
Presión: 1024 hPa
Temperatura: 20 °
Humedad: 60%

Causa: El prolongado uso desgastó la capa protectora de pintura y deja expuesto el material base a la atmósfera.

Solución

Medidas correctivas: Recubrir con una capa protectora de pintura.

Medidas preventivas: Realizar las respectivas tareas de mantenimiento.

Material:

Acero con acabado en negro ASTM A36.
 Composición química: C máx. (0,20 %), Mn máx. (...), P máx. (0,04%), S máx. (0,05%), Si máx. (0,40%), Cu máx. (0,20%) (IMPORT ACEROS, 20232).
 Tol negro frio de acero.

Sistema:

Puerta metálica.

Elemento: Varillas cuadradas de puerta.
 Riel guía de piso.

Registro fotográfico:



Tipo de corrosión: Corrosión uniforme por medioambiente industrial C1 y C2.

Apariencia: Estructura de base de la puerta corroída de manera uniforme.

Tiempo de servicio:
 4 años

Ambiente:
 Acumulación de contaminantes industriales (grasas, aceites y óxido)
 Presión: 1024 hPa
 Temperatura: 20 °
 Humedad: 60%

Causa: Corrosión uniforme por ataque atmosférico y expuesto a productos industriales en su extremo izquierdo.

Solución

Medidas correctivas: Recubrir con un epoxi la puerta metálica para reducir la exposición a la corrosión uniforme por la atmósfera.

Medidas preventivas: Colocar colectores en la parte superior que desvíen los productos industriales.

Material:

Placa de acero inoxidable ASTM 20.1
Composición química: C (<0,06%), S (<0,03%), Si (<1,00%), Cr (16-18,0 %), Ni (3,5-5,5%).

Sistema:

Cámara de simulación de ambientes corrosivos.

Elemento: Compuerta; parrilla y soporte.

Registro fotográfico:

Tipo de corrosión: Corrosión puntual C1 y C2.
Corrosión galvánica C3.

Apariencia: Zonas con óxido presentes en los extremos de la rejilla y ventana.
Oxidación de las cabezas de los remaches.

Tiempo de servicio:
2 años

Ambiente:
Condiciones climáticas extremas
Presión: 1024 hPa
Temperatura: 20- 70 °
Humedad: 60- 85%

Causa: Desprendimiento de la capa de pasivación lo cual expone el metal base a las condiciones de humedad y calor.
Procedimientos de construcción.
Contacto directo de diferentes metales ocasionando corrosión galvánica C3.

Solución

Medidas correctivas: Recubrir las zonas con inhibidores de corrosión.
Realizar un proceso de pasivación a las juntas de soldadura.

Medidas preventivas:

Implementar elementos de materiales similares para evitar diferencia de potencial entre ellos.
Realizar inspección visual del estado del equipo.

Material:

Acero estructural.
 Composición química: C máx. (0,20 %), Mn máx. (...), P máx. (0,04%), S máx. (0,05%), Si máx. (0,40%), Cu máx. (0,20%) (IMPORT ACEROS, 20232).
 Aluminio.

Sistema:

Malla metálica.

Elemento: Abrazadera roscada tipo U.

Registro fotográfico:



Tipo de corrosión: Corrosión galvánica (C1).

Apariencia: Capa superficial de abrazadera y unión con óxido generalizado.

Tiempo de servicio:
 5 años

Ambiente:
 Condiciones climáticas
 Baja humedad
 Exposición a la intemperie
 Presión: 1024 hPa
 Temperatura: 20 °
 Humedad: 60%

Causa: Diferencia de potencial entre la abrazadera tipo U y los pernos.
 Exposición a condiciones atmosféricas de baja humedad.

Solución

Medidas correctivas: Implementar un aislante entre los pernos y la abrazadera.
 Sustituir las abrazaderas por materiales con similares características.

Medidas preventivas:

Aplicar recubrimientos, sobre todo el recubrimiento sobre el ánodo.
 Evitar el efecto de área desfavorable.

Material:

Acero inoxidable 316.
Composición química: Cr (16-17%), Ni (10-14%), Mo (2-3 %)

Sistema:

Sistema de generación hidroeléctrico.

Elemento: Turbina Pelton.

Registro fotográfico:

Tipo de corrosión: Corrosión por fricción.

Apariencia: Zona de contacto corroída con presencia de óxido en su superficie.

Tiempo de servicio:

5 años

Ambiente:

Condiciones térmicas generadas por el roce de los elementos (turbina Pelton-soporte)

Presión: 1024 hPa

Temperatura: 20 °

Humedad: 60%

Causa: Corrosión por contacto directo entre los rodamientos lo cual generó fricción entre la unión ocasionando la corrosión.

Solución

Medidas correctivas: Cambio de juntas aislantes entre los acoples.

Aplicar recubrimientos protectores o pasivar la zona afectada.

Medidas preventivas: Realizar la lubricación de los rodamientos.

Realizar un mantenimiento regular, incluyendo limpieza, lubricación adecuada de las superficies en contacto y alineación de los elementos

Material:

Tubos de acero A53
Composición química: C (< 0,25), Si (..), Mn (<0,95), P (<0,05), S (<0,06). (IMPORT ACEROS, 20232).

Sistema:

Sistema de alimentación de agua.

Elemento: Cara interna de tubos de acero de 16”.

Registro fotográfico:

Tipo de corrosión: Corrosión por erosión (C1).

Apariencia: Desprendimiento de material corroído de manera uniforme debido al proceso de erosión por el agua (C2).

Tiempo de servicio:

10 años

Ambiente:

Alta humedad en el interior de la tubería (flujo de agua)
Exterior expuesto a la intemperie
Presión: 1,6 MPa
Temperatura: 20 °
Humedad: 100 % (alta)

Causa: El flujo constante de agua que circula por la tubería deteriora y corroe la capa interna desprendiendo la capa de protección que deja expuesto el material base a procesos de corrosión permanente debilitando la estructura e integridad de la tubería.

Solución

Medidas correctivas: Implementar sistemas de protección catódica con ánodo de sacrificio.

Medidas preventivas: Seleccionar materiales con alta dureza.

Realizar recubrimientos con materiales resistentes a la corrosión.

Material:

Tubos de acero A53.
Composición química: C (< 0,25), Si (..), Mn (<0,95), P (<0,05), S (<0,06).

Sistema:

Tubo transportador de agua.

Elemento: Cara externa de tubos de acero de 16”.

Registro fotográfico:

Tipo de corrosión: Corrosión uniforme (C2).

Apariencia: Productos de corrosión en las zonas que han perdido su capa de protección (pintura).

Tiempo de servicio:

10 años

Ambiente:

Exterior expuesto a la intemperie

Presión: 1024 hPa

Temperatura: 20 °

Humedad: 60%

Causa: Desprendimiento de la capa de protección que deja expuesto el material base a procesos de corrosión.

Solución

Medidas correctivas: Realizar el cambio de capa de protección (pintura).

Medidas preventivas: Implementar inhibidores de corrosión.

Utilizar sistemas de protección catódica con ánodo de sacrificio.

Material:

Vigas de acero.
ASTM A992/A572 GRADO 50.
Composición química: 0.23 de C, 0.50-1.50 de Mn, 0.11 de V, 0.05 de Nb, 0.035 de P, 0.045 de S, 0.60 de Cu, 0.45 de Ni, 0.35 de Cr, 0.15 de Mo.

Sistema:

Soporte de estructura metálica de galpón.

Elemento: Viga angular soldada que conforma la estructura.

Registro fotográfico

Tipo de corrosión: Corrosión atmosférica.

Apariencia: Deterioro del metal base con un cambio de tonalidad propio del acero corroído.

Tiempo de servicio:

5 años

Ambiente:

Temperatura ambiente de la ciudad de Riobamba 19°C
Humedad del 55%
Presión atmosférica 1028hPa

Causa: Pérdida de la película protectora del material bajo condiciones climáticas, humedad y agentes corrosivos presentes en la atmósfera. Mala selección del material para dicho funcionamiento.

Solución

Mantenimiento correctivo: Implementar una capa de protección de pintura anticorrosiva e implementar materiales con baja relación.

Medidas preventivas: Seleccionar el material adecuado.

Material:

Plancha de acero al carbono recubierta con una capa de pintura ASTM A-653 CS.
Composición química: (0.1) de C, (0.6) de Mn, (0.030) de P, (0.035) de S, (0.01) de Al, (0.25) de Cu, (0.2) de Ni, (0.15) de Cr, (0.06) de Mo, (0.008) de V, (0.008) de Nb y (0.025) de Ti.

Sistema:

Caja eléctrica adaptada para un medidor de agua.

Elemento: Caja de medidor de agua.

Registro fotográfico:

Tipo de corrosión: Corrosión por picaduras.

Apariencia: Corrosión localizada en algunas partes de la caja con la formación de pequeñas picaduras en la superficie del metal de color rojizo oscuro y sedimentos con un polvo gris o marrón.

Tiempo de servicio:

1 año

Ambiente:

Temperatura ambiente de la ciudad de Riobamba 19°C

Humedad del 55%

Presión atmosférica 1028hPa

Exposición a la atmósfera urbana

Causa: Desprendimiento de la capa protectora del material, permitiendo que el metal virgen que hay abajo esté susceptible a la pérdida de electrones. También se produce por el aumento del pH del medio en el que se encuentra.

Solución

Mantenimiento correctivo: Recubrir con una capa especial de pintura protectora y anticorrosivas.

Medidas preventivas: Seleccionar el material adecuado.

Verificar si existen fugas de agua.

Material:

Acero con acabado en negro ASTM A36.
 Composición química: C máx. (0,20 %), Mn máx. (.), P máx. (0,04%), S máx. (0,05%), Si máx. (0,40%), Cu máx. (0,20%).
 Tol negro frio de acero.

Sistema:

Puerta metálica.

Elemento: Varilla cuadrada estructural y planchas metálicas.

Registro fotográfico:



Tipo de corrosión: Corrosión uniforme.

Apariencia: Deterioro del metal base con un cambio de tonalidad a una marrón con corrosión uniforme.

Tiempo de servicio:

10 años

Ambiente:

Temperatura ambiente de la ciudad de Riobamba 19°C
 Humedad del 55%
 Presión atmosférica 1028hPa
 Exposición a la atmosfera urbana.

Causa: El recubrimiento protector de la estructura debe ser el adecuado para brindar una protección contra la corrosión, aparentemente la pintura aplicada al material no fue la adecuada y tiene exposición al medio atmosférico.

Solución

Mantenimiento correctivo:

Recubrir con una capa especial de pintura protectora y anticorrosivas.

Medidas preventivas:

Seleccionar el material adecuado.

Aplicar un recubrimiento protector anticorrosivo en toda la estructura verificando que no haya zonas sin recubrir.

Material:

ASTM A514

Composición química: C (0,12-0,21%), Mn máx. (0,85%), P máx. (...), S máx. (...), Si máx. (0,28%), Cr máx. (0,48%), Mo (0,2%), V (0,05%), B máx. (0,003%)

Plancha de acero.

Sistema:

Para choque.

Elemento: Plancha de acero estructural de baja aleación grado b.**Registro fotográfico:****Tipo de corrosión:** Corrosión atmosférica.**Apariencia:** Producto de corrosión presente el perno de sujeción.**Tiempo de servicio:**

5 años

Ambiente:

Humedad del 55%

Presión atmosférica 1028hPa

Exposición a la atmosfera urbana

Causa: El recubrimiento protector de la estructura debe ser el adecuado para brindar una protección contra la corrosión, aparentemente la pintura aplicada al material no fue la adecuada y tiene exposición al medio atmosférico.**Solución****Mantenimiento correctivo:** Recubrir con una capa especial de pintura protectora y anticorrosivas.**Medidas preventivas:** Seleccionar el material adecuado.

Aplicar un recubrimiento protector anticorrosivo en toda la estructura verificando que no haya zonas sin recubrir.

Material:

ASTM A53
Composición química: C (0,25%), Mn máx. (0,95%), P máx. (0,05), S máx. (0,045%), Si máx. (0,10%), Cr máx. (0,40%), Mo (0,15%), V (0,08%), Cu máx. (0,4%).
Tubo redondo de acero.

Sistema:

Hidratantes contra incendios.

Elemento: Tapa y pernos que sujetan al hidratante contra incendio.

Registro fotográfico:

Tipo de corrosión: Corrosión atmosférica.

Apariencia: Producto de corrosión presente en el perno y la tapa del hidratante tomando un color rojizo oscuro.

Tiempo de servicio:

10 años

Ambiente:

Temperatura ambiente de la ciudad de Riobamba 19°C

Humedad del 55%

Presión atmosférica 1028hPa

Exposición a la atmosfera urbana

Causa: El contacto directo entre los pernos de sujeción y la tapa del hidrante, existiendo un diferente potencial eléctricos conectados entre sí.

Solución

Mantenimiento correctivo: Se debe realizar mantenimientos preventivos constantemente.

Mantenimiento preventivo: Limpiar la superficie, retirar la capa protectora antigua y aplicar recubrimientos protectores nuevos.

Material:

Tubo cuadrado de acero (ASTM A500).
 Composición química: C máx. (0,26%), Mn máx. (1,35%), P máx. (0,035%), S máx. (0,035%), Cu máx. (0,2%).
 Malla electrosoldada trefilada (SAE 1006)
 Composición química: C máx. (0,08 %), Mn máx. (0,25-0,40%), P máx. (0,040).

Sistema:

Puerta de rejas de acero.

Elemento: Varilla angular soldada para puertas.

Registro fotográfico:



Tipo de corrosión: Corrosión atmosférica.

Apariencia: Corrosión perceptible a simple vista. La reja de varilla electrosoldada presenta corrosión uniforme en la totalidad de su superficie.

Tiempo de servicio:
 5 años

Ambiente:
 Temperatura ambiente de la ciudad de Riobamba
 19°C
 Humedad del 55%
 Presión atmosférica 1028hPa
 Exposición a la atmosfera urbana

Causa: Presencia de humedad alta (por las lluvias) en el apoyo de la reja metálica lo cual generó corrosión uniforme. El recubrimiento protector de la estructura interna del material para brindar una protección contra la corrosión.

Solución

Mantenimiento correctivo: Implementar una capa de protección de pintura anticorrosiva e implementar materiales con baja relación de área catódica/ anódica.

Medidas preventivas: Aplicar un recubrimiento protector anticorrosivo en toda la estructura verificando que no haya zonas sin recubrir.

Material:

Aleación de hierro.
Composición química (2%), Mn (1%)

Sistema:

Sistema de aporte de la bocina.

Elemento: Estructura metálica de la bocina.

Registro fotográfico:

Tipo de corrosión: Corrosión galvánica.

Apariencia: Corroída placa en la parte superior en donde se entra en contacto al ambiente.

Tiempo de servicio:

5 años

Ambiente:

Alta concentración de humedad en la base
Exposición a la intemperie.
Presión: 10206 hPa
Temperatura: 22 °C
Humedad: 98%

Causa: Sucede por la unión de dos metales diferentes y con la corrosión del ambiente empieza a descomponerse por la cantidad de estudio.

Solución

Medidas preventivas: Aplicar una capa protectora para mantener limpios para que no exista pasos de energía que empieza a debilitar su esfuerzo.

Medidas correctivas: Reemplazar y modificar la sirena par que no exista una carga de electricidad en el material metálico.

Material:

Aleación de aluminio (serie 6000).
Composición química: Mg (0,6-1,0 %), Si (0,2 - 0,6%).

Sistema:

Carrocería parte trasera.

Elemento: Compartimiento de la cámara.

Registro fotográfico:

Tipo de corrosión: Corrosión general.

Apariencia: Cobertura de cámara afectando por corrosión la a carrocería empezando a dar una tonalidad de rojizo oscuro.

Tiempo de servicio:

3 años

Ambiente:

Exposición a la intemperie
Presión: 2016 hPa
Temperatura: 24 °C
Humedad: 98%

Causa: Corrosión por las diferentes condiciones ambientales del trabajo y los líquidos de los residuos que pasa al vehículo.

Solución

Medidas preventivas: Limpieza periódicamente en caso de fugas de los ácidos descompuestos en el camino.

Medidas correctivas: Utilizar pintura protectora para evitar su corrosión.

Material:

Aleación de hierro.
Composición química: carbono (1,76%), fósforo (0,12%)

Sistema:

Soporte de la carrocería.

Elemento: Chasis.

Registro fotográfico:

Tipo de corrosión: Corrosión por soldadura.

Apariencia: Metal con falta de penetración entre los metales que interactúan al formar sistema.

Tiempo de servicio:

6-8 años

Ambiente:

Exposición a la intemperie

Presión: 70 MPa

Temperatura: 22 °C

Humedad: 98%

Causa: Agrietamiento en el cordón de soldadura por una tensión en el material originando una corrosión en la lámina.

Solución

Medidas correctivas: Aplicación de un revestimiento protector. Este revestimiento debe ser específico para prevenir la reacción galvánica entre los metales en contacto.

Medidas preventivas: Realizar una limpieza adecuada y aplicar inhibidores de corrosión ayudará a detener el avance del proceso corrosivo.

Material:

Aleación de hierro.
Composición química: carbono (1,76%),
fósforo (0,12%).

Sistema:

Parte externa de la carrocería del camión de basura donde se mezcla el sistema hidráulico del equipo.

Elemento: Compacto.

Registro fotográfico

Tipo de corrosión: Corrosión por picaduras.

Apariencia: Material corroído en las uniones del cordón de la soldadura provocando picaduras y afectando su composición a plena vista entre los materiales.

Tiempo de servicio:

5-6 años

Ambiente:

Exposición a la intemperie
Presión: 10209 hPa
Temperatura: 22 °C
Humedad: 98%

Causa: Por una mala unión de soldadura, por estar en contacto de a los cambios climáticos del ambiente.

Solución

Medidas preventivas: Mejorar el cordón de soldadura e inspeccionar una buena penetración entre los metales y utilizar pinturas protectoras.

Medidas correctivas: Desmontar y aplicarle una cubierta protectora para recuperar las propiedades del metal base.

Material:

Estructura de concreto y hierro
Aleaciones de fierro: Feo:1,8%

Sistema:

Poste de luz estructura de hierro concreto armado.

Elemento: Poste de concreto armados.

Registro fotográfico:

Tipo de corrosión: Corrosión galvánica.

Apariencia: Estructura interna corroída debilitando su protección de externa, y mostrando una debilidad al sistema que está compuesta.

Tiempo de servicio:

5 años

Ambiente:

Exposición a la intemperie

Presión: 10206 hPa

Temperatura: 22 °C

Humedad: 98%

Causa: Estructura interna corroída debilitando su protección de externa, y mostrando una debilidad al sistema que está compuesta.

Solución

Medidas preventivas: Usar una barrera de protección contra la humedad para que el concreto armado.

Medidas correctivas: Reemplazar el poste de concreto armado por uno nuevo.

Material:

Acero inoxidable, hierro fundido dúctil.

Sistema:

Sistema de extracción de crudo.

Elemento:

Filtro de crudo.

Registro fotográfico:

Tipo de corrosión: Corrosión localizada.

Apariencia: Presenta una corrosión visible en la superficie. Se refleja la pérdida de material por medio de descamación de la capa.

Tiempo de servicio:

10 años

Ambiente:

Exposición a la intemperie

Presión: 10206 hPa

Temperatura: 22 °C

Humedad: 53%

Causa: Acumulación de sedimentos, los mismos que se acumulan en la superficie provocando la corrosión. Los cambios de clima favorecen a la rápida degradación de la capa protectora del elemento.

Solución

Mantenimiento correctivo: Se realiza el cambio del filtro y de los elementos que lo componen, realizando una valoración del material que se va a utilizar para el cambio de este elemento.

Mantenimiento preventivo: El filtro debe tener un plan de mantenimiento en el que conste los periodos de limpieza y mantenimiento del elemento para evitar la acumulación de los sedimentos en su superficie.

Material:

Acero inoxidable, hierro fundido dúctil.

Sistema:

Sistema de extracción de crudo.

Elemento: Tubería.

Registro fotográfico:

Tipo de corrosión: Corrosión por picaduras.

Apariencia: Presenta pequeñas perforaciones en la superficie que refleja la pérdida de material por medio de descamación de la capa.

Tiempo de servicio:

10 años

Ambiente:

Exposición a la intemperie

Presión: 10206 hPa

Temperatura: 22 °C

Humedad: 53%

Causa: Acumulación de sedimentos, los mismos que se acumulan en la superficie provocando la corrosión. Los cambios de clima favorecen a la rápida degradación de la capa protectora del elemento.

Solución

Mantenimiento correctivo: La opción probable es el cambiar el tramo tubería, realizando una valoración del material que se va a utilizar para el cambio de este.

Mantenimiento preventivo: El sistema de tubería debe tener un plan de mantenimiento en el que conste los periodos de limpieza y mantenimiento, juntamente con la elaboración de ensayos no destructivos para evitar que el deterioro llegue a su límite y se rompa provocando fugas.

Material:

Acero inoxidable, hierro fundido dúctil

Sistema:

Sistema de extracción de crudo.

Elemento: Tubería,

Registro fotográfico:

Tipo de corrosión: Corrosión localizada.

Apariencia: Presenta una decoloración oscura en la superficie. Se refleja la pérdida de material por medio de descamación de la capa.

Tiempo de servicio:

10 años

Ambiente:

Exposición a la intemperie

Presión: 10206 hPa

Temperatura: 22 °C

Humedad: 53%

Causa: Acumulación de sedimentos, los mismos que se acumulan en la superficie provocando la corrosión. Los cambios de clima favorecen a la rápida degradación de la capa protectora del elemento.

Solución

Mantenimiento correctivo: La opción probable es el cambiar el tramo tubería, realizando una valoración del material que se va a utilizar para el cambio de este.

Mantenimiento preventivo: El sistema de tubería debe de tener un plan de mantenimiento en el que conste los periodos de limpieza y mantenimiento, juntamente con la elaboración de ensayos no destructivos para evitar que el deterioro llegue a su límite y se rompa provocando fugas.

Material:

Acero ASTM A105 Clase 300 RF
(RAISED FACE) ANSI
B16.5 NPT ANSI B1.20.1

Sistema:

Industria petrolera.

Elemento: Brida.

Registro fotográfico:

Tipo de corrosión: Corrosión galvánica.

Apariencia: Presenta una tonalidad oscura en gran parte del área de la brida, sin descamación del material en la superficie del elemento.

Tiempo de servicio:

10 años

Ambiente:

Exposición a la intemperie
Presión: 10206 hPa
Temperatura: 22 °C
Humedad: 53%

Causa: La acumulación de minerales y sustancias que contiene el agua se concentra en estas zonas y provoca la corrosión del material.

Solución

Mantenimiento correctivo: La opción probable es el cambiar la brida, realizando una valoración del material que se va a utilizar para el cambio de este.

Mantenimiento preventivo: La brida debe de tener un plan de mantenimiento en el que conste los periodos de limpieza y mantenimiento, juntamente con la elaboración de ensayos no destructivos para evitar que el deterioro llegue a su límite y ocasione fugas.

Material:

Acero ASTM A36.

Composición química: C máx. (0,20 %), Mn máx. (.), P máx. (0,04%), S máx. (0,05%), Si máx. (0,40%), Cu máx. (0,20%).

Elemento: Estructura de protección.

Registro fotográfico:

Tipo de corrosión: Corrosión general.

Apariencia: Presenta una tonalidad marrón, en las zonas donde la capa protectora a base de pintura se ha desprendido formando descamación del metal.

Tiempo de servicio:

4 años

Ambiente:

Exposición a la intemperie

Presión: 10206 hPa

Temperatura: 22 °C

Humedad: 43%

Causa: Acumulación de la humedad en la estructura y el brusco cambio de temperatura (seco) provoca la ruptura de los cristales de agua formados permitiendo que la capa protectora se dañe y de inicio a la corrosión.

Solución

Mantenimiento correctivo: Debido a que el elemento no presenta daños severos no se realiza el cambio.

Mantenimiento preventivo: La aplicación de anticorrosivos a base de grasa será la mejor opción, para evitar que el agua y los microorganismos se adhieran al metal.

Material:

Acero inoxidable, hierro fundido dúctil.

Sistema:

Sistema de extracción de crudo.

Elemento: Tapa de alcantarillado.

Registro fotográfico:

Tipo de corrosión: Corrosión localizada.

Apariencia: Presenta una tonalidad marrón, en las zonas donde la capa protectora a base de pintura se ha desprendido formando descamación del metal.

Tiempo de servicio:

5 años

Ambiente:

Exposición a la intemperie

Presión: 10206 hPa

Temperatura: 22 °C

Humedad: 43%

Causa: Acumulación de la humedad en la estructura y el brusco cambio de temperatura (seco) provoca la ruptura de los cristales de agua formados permitiendo que la capa protectora se dañe y de inicio a la corrosión.

Solución

Mantenimiento correctivo: Debido a que el elemento no presenta daños severos no se realiza el cambio.

Mantenimiento preventivo: La aplicación de anticorrosivos a base de grasa será la mejor opción, para evitar que el agua y los microorganismos se adhieran al metal.

Material:

Acero ASTM A 36.
Composición química: C máx. (0,20 %), Mn máx. (.), P máx. (0,04%), S máx. (0,05%), Si máx. (0,40%), Cu máx. (0,20%).

Sistema:

Puerta metálica.

Elemento: Dobles del material en la parte inferior

Registro fotográfico:

Tipo de corrosión: Corrosión localizada.

Apariencia: Material corroído concentrado en la parte inferior del metal expuesto al ambiente.

Tiempo de servicio:

4 años

Ambiente:

Exposición a la intemperie
Presión: 10206 hPa
Temperatura: 22 °C
Humedad: 43%

Causa: La puerta se localiza expuesta a cambios climáticos, entre ellos la lluvia, la cual se acumula en ciertas zonas, provocando el estancamiento del agua y posteriormente la degradación de la capa protectora a base de pintura.

Solución

Mantenimiento correctivo: No se realizará el cambio de la puerta ya no es indispensable.

Mantenimiento preventivo: La aplicación de anticorrosivos a base de pintura será la mejor opción, para evitar que el agua y los microorganismos se adhieran al metal.

Material:

Acero ASTM A36.
Composición química: C máx. (0,20 %), Mn máx. (.), P máx. (0,04%), S máx. (0,05%), Si máx. (0,40%), Cu máx. (0,20%).

Sistema:

Puerta corrediza.

Elemento: Rueda.

Registro fotográfico:

Tipo de corrosión: Corrosión general.

Apariencia: Presenta una estructura corroída porque están en contacto con dos materiales, con presencia de descamación en las zonas donde la capa protectora se degradó.

Tiempo de servicio:

5 años

Ambiente:

Exposición a la intemperie
Presión: 10206 hPa
Temperatura: 22 °C
Humedad: 43%

Causa: La puerta se encuentra expuesta a cambios climáticos, entre ellos la lluvia, la cual se acumula en ciertas zonas, provocando el estancamiento del agua y posteriormente la degradación de la capa protectora a base de pintura.

Solución

Mantenimiento correctivo: Cambio de la rueda comprobando el tipo de material para evitar la degradación de forma inmediata.

Mantenimiento preventivo: La aplicación de anticorrosivos a base de grasa será la mejor opción, para evitar que el agua y los microorganismos se adhieran al metal.

Material:

Acero al carbono estructural (ASTM A36).
Composición química: carbón (máximo) 25%,
manganeso 0.08, fósforo (máximo) 0.04%, sulfuro
(máximo) 0.05%, silicio 0.40 máximo, cobre
(mínimo) 0.2%.

Sistema:

Tanque de almacenamiento de la planta.

Elemento: Escalera del tanque de almacenamiento.

Registro fotográfico:

Tipo de corrosión: Corrosión atmosférica.

Apariencia: Óxido de hierro (Fe O) en la parte longitud y vertical de la estructura y ampollas en la pintura.

Tiempo de servicio:

15 años

Ambiente:

Exposición a la intemperie

Presión: 10206 hPa

Temperatura: 25 °C

Humedad: 53%

Causa: Exposición a condiciones climáticas, falta de mantenimiento preventivo en toda la estructura como también el dióxido de carbono de la industria.

Solución

Mantenimiento correctivo: Realizar un cambio de metal y mejorar el cambio de cordón de soldadura.

Mantenimiento preventivo: Usar una capa de zinc la cual protegerá de la corrosión, una primera capa de epoxi y una capa final de poliuretano, después de haber lijado el óxido en las partes corroídas de la estructura.

Material:

Tubería de acero al carbono (ASTM 36).
Composición química: carbón (máximo 25%, manganeso 0.08, fósforo (máximo) 0.04%, sulfuro (máximo) 0.05%, silicio 0.40 máximo, cobre (mínimo) 0.2%.

Sistema:

Tanque de almacenamiento de la planta.

Elemento: Tubería de distribución del tanque de almacenamiento.

Registro fotográfico:

Tipo de corrosión: Corrosión atmosférica.

Apariencia: Óxido de hierro (Fe O) en toda la parte longitudinal de la tubería.

Tiempo de servicio:

20 años

Ambiente:

Exposición a la intemperie

Presión: 10206 hPa

Temperatura: 30 °C

Humedad: 53%

Causa: Exposición a condiciones climáticas, falta de mantenimiento preventivo, pérdida del recubrimiento de pintura hace que la corrosión sea más uniforme, dióxido de azufre y dióxido de nitrógeno que son comunes en áreas industriales.

Solución

Mantenimiento correctivo: Usar una capa de zinc la cual protegerá de la corrosión, una primera capa de epoxi y una capa final de poliuretano, después de haber lijado el óxido en toda la sección transversal de la tubería corroída.

Mantenimiento preventivo: Aplicar tratamientos químicos lo cual pueden ayudar a que la capa de corrosión se convierta en una capa más estable y protectora.

Material:

Hierro fundido.
Composición química: 2,5-4 % de carbono y
1-3 % de silicio.

Sistema:

Sistema de distribución de agua (tuberías, válvulas).

Elemento: Válvula de compuerta.

Registro fotográfico:

Tipo de corrosión: Corrosión uniforme.

Apariencia: Corrosión en toda la válvula de compuerta de óxido de hierro (Fe O) y agrietamiento en el cuerpo de la válvula como se muestra en la Figura, como también en las tuercas prensoras que se aprecia corrosión uniforme

Tiempo de servicio:

20 años

Ambiente:

Exposición a la intemperie
Presión: 10206 hPa
Temperatura: 20 °C
Humedad: 53%

Causa: Exposición constante a ambientes corrosivos, alta humedad, atmósferas salinas, falta de oxígeno.

Solución

Mantenimiento correctivo: Reemplazar la válvula o tubería para evitar en daño a las conexiones restantes.

Mantenimiento preventivo: Usar recubrimientos protectores, usar protección catódica y también hacer mantenimiento regular cada cierto tiempo de servicio.

Material:

Hierro fundido.
Composición química: 2,5-4 % de carbono y 1-3 %
de silicio

Sistema:

Sistema de distribución de agua.

Elemento: Válvula de compuerta auxiliar.

Registro fotográfico:

Tipo de corrosión: Corrosión atmosférica.

Apariencia: Óxido de hierro (Fe O) en toda la válvula de compuerta con una apariencia marrón oscura lo cual es a causa de los factores climáticos del ambiente.

Tiempo de servicio:

15 años

Ambiente:

Exposición a la intemperie
Presión: 10206 hPa
Temperatura: 22 °C
Humedad: 53%

Causa: Exposición constante a ambientes corrosivos, alta humedad, contacto con el oxígeno del ambiente, temperatura elevada, sustancias naturales orgánicas, contacto con el suelo.

Solución

Mantenimiento correctivo: Cambiar periódicamente las válvulas.

Mantenimiento preventivo: Usar recubrimientos protectores, usar protección catódica y también hacer mantenimiento regular cada cierto tiempo de servicio.

Material:

Acero estructural (ASTM A36).
Composición química: carbón (máximo) 25%,
manganeso 0.08, fósforo (máximo) 0.04%, sulfuro
(máximo) 0.05%, silicio 0.40 máximo, cobre
(mínimo) 0.2%.

Sistema:

Balanza industrial antigua.

Elemento: Brazo de balanza industrial.

Registro fotográfico:

Tipo de corrosión: Corrosión por picadura.

Apariencia: Pérdida del recubrimiento de la estructura a causa de la corrosión por picadura.

Tiempo de servicio:

22 años

Ambiente:

Exposición a la intemperie

Presión: 10206 hPa

Temperatura: 22 °C

Humedad: 53%

Causa: Humedad, falta de oxígeno en el entorno, radiación ultravioleta, temperatura (clima frío).

Solución

Mantenimiento correctivo: Reemplazar el material base con un acero inoxidable.

Mantenimiento preventivo: Usar recubrimientos protectores, realizar inspecciones regulares.

Material:

Tubería de acero al carbono (ASTM A36).
Composición química: carbón (máximo) 25%,
manganeso 0.08, fósforo (máximo) 0.04%, sulfuro
(máximo) 0.05%, silicio 0.40 máximo, cobre
(mínimo) 0.2%.

Elemento: Tubería de distribución del tanque a los ductos subterráneos.

Sistema:

Tanque de almacenamiento de la planta.

Registro fotográfico:

Tipo de corrosión: Corrosión atmosférica.

Apariencia: Presencia de óxido de hierro en la brida y en la parte de la tubería como se muestra en la Figura, pérdida del recubrimiento de la pintura.

Tiempo de servicio:

20 años

Ambiente:

Exposición a la intemperie

Presión: 10206 hPa

Temperatura: 22 °C

Humedad: 53%

Causa:

Exposición constante a ambientes corrosivos, alta humedad, electrolitos en el ambiente, temperatura elevada, dióxido de nitrógeno.

Solución

Mantenimiento correctivo: Cambiar periódicamente la tubería que se corrió.

Mantenimiento preventivo: Usar recubrimientos protectores, realizar inspecciones regulares y utilizar materiales resistentes a la corrosión y la intemperie.

Material:

Tubería de acero al carbono. (ASTM A36)
Composición química: carbón (máximo) 25%, manganeso 0.08, fósforo (máximo) 0.04%, sulfuro(máximo) 0.05%, silicio 0.40 máximo, cobre (mínimo) 0.2%.

Sistema:

Sistema de distribución de agua.

Elemento: Tubería de transporte de agua.

Registro fotográfico:

Tipo de corrosión: Corrosión atmosférica.

Apariencia: Presencia de óxido de hierro en la parte transversal de la tubería, pérdida de recubrimiento en pequeñas zonas de la tubería.

Tiempo de servicio:
20 años

Ambiente:
Exposición a la intemperie
Presión: 10206 hPa
Temperatura: 22 °C
Humedad: 53%

Causa:
Condiciones climáticas, dióxido de nitrógeno, falta de mantenimiento preventivo regular, humedad.

Solución

Mantenimiento correctivo: Cambiar periódicamente la tubería que se corrió.

Mantenimiento preventivo: Usar recubrimientos protectores, realizar inspecciones regulares y utilizar materiales resistentes a la corrosión y la intemperie.

Material:

Tubo estructural redondo (ASTM A500).
Composición química: C máx. (0,26%),
Mn máx. (1,35%), P máx. (0,035%),
S máx. (0,035%), Cu máx. (0,2%).

Sistema:

Escalera de bodega.

Elemento: Baranda.

Registro fotográfico:

Tipo de corrosión: Corrosión atmosférica.

Apariencia: Óxido de hierro (FeO) en la parte longitud y vertical de la estructura y ampollas en la pintura.

Tiempo de servicio:
15 años

Ambiente:
Exposición a la intemperie
Presión: 10206 hPa
Temperatura: 22 °C
Humedad: 53%

Causa: Exposición a condiciones climáticas, falta de mantenimiento preventivo.

Solución

Mantenimiento correctivo: Cambiar periódicamente la tubería que se corrió.

Mantenimiento preventivo: Usar tubos de aluminio para que sea resistente a la corrosión e intemperie, recubrimientos anticorrosivos, realizar inspecciones regulares y mantenimiento.

TUBERÍA DE DISTRIBUCIÓN DEL TANQUE A LOS DUCTOS SUBTERRÁNEOS N° 39

Material:

Tubería de acero al carbono (ASTM A36).
Composición química: carbón (máximo) 25%, manganeso 0.08, fósforo (máximo) 0.04%, sulfuro (máximo) 0.05%, silicio 0.40 máximo, cobre(mínimo) 0.2%.

Sistema:

Tanque de almacenamiento de la planta.

Elemento: Tubería de distribución del tanque a los ductos subterráneos.

Registro fotográfico:

Tipo de corrosión: Corrosión atmosférica.

Apariencia: Presencia de óxido de hierro en la brida y en la parte de la tubería con una tonalidad negruzca como se muestra en la Figura, pérdida del recubrimiento de la pintura y pequeñas picaduras en zonas de la tubería.

Tiempo de servicio:

20 años

Ambiente:

Exposición a la intemperie

Presión: 10206 hPa

Temperatura: 25 °C

Humedad: 82%

Causa: Exposición constante a ambientes corrosivos, alta humedad, electrolitos en el ambiente, temperatura elevada, dióxido de nitrógeno.

Solución

Mantenimiento correctivo: Cambiar periódicamente la tubería que se corrió.

Mantenimiento preventivo: Usar recubrimientos protectores, realizar inspecciones regulares y utilizar materiales (aluminio) resistentes a la corrosión y la intemperie.

Material:

Acero HSLA (High strength low alloy Steel).
Composición química: carbono de entre
0.05% y 0.25% manganeso de hasta 2%.

Sistema:

Retroexcavadora.

Elemento: Cucharón cargador.

Registro fotográfico:

Tipo de corrosión: Corrosión atmosférica.

Apariencia: Óxido de hierro (FeO) en la parte lateral y trasera de la cuchareta.

Tiempo de servicio:

10 años

Ambiente:

Exposición a la intemperie
Presión: 10206 hPa
Temperatura: 25°C
Humedad: 83%

Causa: Exposición constante a ambientes corrosivos, alta humedad, dióxido de nitrógeno.

Solución

Mantenimiento correctivo: Siempre se debería realizar mantenimientos preventivos.

Mantenimiento preventivo: Lubricación en áreas articuladas, tratamientos inhibidores de corrosión lo cual crea una capa protectora en la cuchara de la retroexcavadora, secado adecuado al estar en contacto con algún fluido, inspecciones visuales regularmente, revestimientos cerámicos.

Material:

Acero al carbono
(composición: menos del 2% de carbono y 1% de manganeso y pequeñas cantidades de silicio, fósforo, azufre y oxígeno).

Elemento: Escaleras de ingreso interno al tanque.

Sistema:

Sistema de almacenamiento de agua.

Registro fotográfico:

Tipo de corrosión: Corrosión blanca o por picadura.

Apariencia: Se forma compuestos blancos como hidróxidos de hierro $\text{Fe}(\text{OH})_3$ en los tubos verticales de la escalera y ciertas partes de óxido de hierro (FeO) en los tubos horizontales.

Tiempo de servicio:

10 años

Ambiente:

Exposición a la intemperie.

Presión: 10206 hPa

Temperatura: 22 °C

Humedad: 53%

Causa: Se da debido a la pérdida de electrones por parte de los átomos de metal a medida que reaccionan con el cloro utilizado para desinfectar el agua.

También el exceso de humedad y falta de ventilación aportan para que se de este tipo de corrosión.

Solución

Mantenimiento correctivo: Cambiar periódicamente la tubería que se corrió.

Mantenimiento preventivo: Se debe retirar el agua del tanque para que no se contamine, después se debe limpiar correctamente la escalera y no dejar ningún rastro de la corrosión producida, finalmente se pueden utilizar recubrimientos protectores, pinturas anticorrosivas u otros tratamientos para evitar el contacto directo del metal con el agua y el oxígeno. También es importante llevar a cabo inspecciones y mantenimientos periódicos para identificar y abordar cualquier problema de corrosión a tiempo, asegurando así la integridad de los tanques y escaleras de este y la calidad del agua almacenada.

Material:

Hierro Fundido (Aleación de Fe con 2,5-4% de C y 1-3% de Si).

Sistema:

Sistema de distribución de agua (tuberías, válvulas).

Elemento: Válvula de compuerta secundaria de la zona C del reservorio de agua.

Registro fotográfico:

Tipo de corrosión: Corrosión uniforme.

Apariencia: Formación de óxido de hierro (FeO) y agrietamiento en el cuerpo de la válvula y oxidación en las tuercas prensoras donde se aprecia corrosión uniforme.

Tiempo de servicio:

20 años

Ambiente:

Exposición a la intemperie

Presión: 10206 hPa

Temperatura: 22 °C

Humedad: 53%

Causa: Se dio debido a la exposición constante a ambientes corrosivos, por la alta humedad, falta de mantenimiento y falta de ventilación.

Solución

Mantenimiento correctivo: Cambiar periódicamente la tubería que se corrió.

Mantenimiento preventivo: Se debería limpiar y retirar los rastros corroídos, después considerar aplicar un aislamiento adecuado o un revestimiento protector. Inspeccionar y limpiar las válvulas periódicamente para eliminar acumulaciones de sedimentos y residuos que puedan acelerar la corrosión, además se puede implementar protección catódica, un método en el cual se añaden materiales que actúan como ánodos sacrificiales para proteger la válvula.

Material:

Acero al carbono (composición: menos del 2% de carbono y 1% de manganeso y pequeñas cantidades de silicio, fósforo, azufre y oxígeno).

Sistema:

Sistema de distribución de agua desde los pozos Huerta y servidores hacia el reservorio de agua "La Saboya".

Elemento: Tubo principal de entrada y distribución al reservorio.

Registro fotográfico:

Tipo de corrosión: Corrosión atmosférica uniforme.

Apariencia: Formación de óxido de hierro (FeO), se torna de color rojizo el tubo.

Tiempo de servicio:

30 años

Ambiente:

Exposición a la intemperie

Presión: 10206 hPa

Temperatura: 22 °C

Humedad: 53%

Causa: Se da debido a la exposición del material a la humedad, oxígeno y contaminantes en el aire, además era un elemento que no tenía ningún recubrimiento protector.

Solución

Mantenimiento correctivo: Cambiar periódicamente la tubería que se corrió.

Mantenimiento preventivo: Limpiar extremadamente la superficie del tubo, curar lo oxidado y aplicar una capa de revestimiento anticorrosivo.

Material:

Hierro fundido.
aleación de hierro con 2,5-4 % de carbono y 1-3 % de silicio.

Sistema:

Sistema de suministro y equilibrio de agua de los tanques del reservorio de agua “La Saboya”.

Elemento: Tubo de interconexión.

Registro fotográfico:

Tipo de corrosión: Corrosión galvánica.

Apariencia: Formación de óxido de hierro (FeO) en el acero galvanizado.

Tiempo de servicio:

30 años

Ambiente:

Exposición a la intemperie

Presión: 1026 hPa

Temperatura: 24 °C

Humedad: 50-60%

Causa: Se dio debido a que están en contacto con un tipo diferente de metal y porque ambos metales se encuentran inmersos en un electrolito o medio húmedo, es decir, están expuestos a contaminantes y microorganismos del aire y/o agua que transportan.

Solución

Mantenimiento correctivo: Cambiar periódicamente la tubería que se corrió.

Mantenimiento preventivo: Usar recubrimientos protectores, seleccionar cuidadosamente materiales compatibles y usar aislantes para separar los metales en contacto.

Material:

Acero al carbono (composición: menos del 2% de carbono y 1% de manganeso y pequeñas cantidades de silicio, fósforo, azufre y oxígeno).

Sistema:

Sistema de transporte y carga.

Elemento: Tanque del camión de transporte de agua.

Registro fotográfico:

Tipo de corrosión: Corrosión atmosférica uniforme.

Apariencia: Formación de óxido de hierro (FeO) en picaduras y zonas pequeñas.

Tiempo de servicio:

4 años

Ambiente:

Exposición a la intemperie

Presión: 1026 hPa

Temperatura: 24 °C

Humedad: 40-50%

Causa: Se da debido a cargas laterales, mantenimiento inadecuado y por daños en la carcasa y desprotección hacia la corrosión formada por golpes o rozaduras. Además, que el garaje no tiene techo y se encuentran expuestos al sol y lluvia.

Solución

Mantenimiento correctivo: Se debe realizar mantenimientos preventivos constantemente.

Mantenimiento preventivo: Limpiar la superficie, retirar la capa protectora antigua y aplicar recubrimientos protectores nuevos.

Material:

Hierro Fundido (Aleación de Fe= 2,5-4% de C =1-3%de Si).

Sistema:

Sistema de distribución de agua (tuberías, válvulas).

Elemento: Válvula secundaria de la zona B del reservorio de agua.

Registro fotográfico:

Tipo de corrosión: Corrosión por difusión de hidrógeno.

Apariencia: Formación de óxido de hierro (FeO), picaduras blanquecinas.

Tiempo de servicio:
10 años

Ambiente:
Exposición a la intemperie
Presión: 10206 hPa
Temperatura: 24 °C
Humedad: 50%

Causa: Se da debido a la penetración del hidrógeno en un material metálico y causa daños a su estructura, deficiencia de oxígeno y por la alta resistencia del material.

Solución

Mantenimiento correctivo: Cambiar periódicamente la tubería que se corrió.

Mantenimiento preventivo: Limpiar extremadamente la superficie de la válvula, curar lo oxidado y aplicar una capa de revestimiento anticorrosivo. Es esencial controlar las condiciones de exposición al hidrógeno, mejorar la calidad de los materiales y aplicar técnicas de diseño que reduzcan las concentraciones de tensiones internas en las estructuras.

Material:

Hierro Fundido (Aleación de Fe con 2,5-4% de C y 1-3% de Si).

Sistema:

Sistema de distribución de agua (tuberías, válvulas).

Elemento: Tubo conector de la zona A con las válvulas de la zona B.

Registro fotográfico:

Tipo de corrosión: Corrosión atmosférica uniforme.

Apariencia: Aparición de óxido de hierro (FeO) en ciertas partes del tubo, las cuales se diferencian por su color rojizo.

Tiempo de servicio:

9 años

Ambiente:

Exposición a la intemperie

Presión: 1026 hPa

Temperatura: 22 °C

Humedad: 53%

Causa: Se da debido a la falta de mantenimiento, por la presencia de oxígeno y agua que reaccionan con la superficie del metal al estar a la intemperie sin protección o refugio.

Solución

Mantenimiento correctivo: Cambiar periódicamente la tubería que se corrió.

Mantenimiento preventivo: Limpiar extremadamente la superficie del tubo, curar lo oxidado, aplicar recubrimientos protectores, utilizar aleaciones resistentes a la corrosión, implementar técnicas de diseño que minimicen la retención de humedad y evitar la exposición prolongada a ambientes húmedos y salinos.

Material:

Hierro fundido (Aleación de Fe con 2,5-4% de C y 1-3% de Si).

Sistema:

Sistema de distribución de agua (tuberías, válvulas).

Elemento: Unión de la tubería con la válvula de paso.

Registro fotográfico:

Tipo de corrosión: Corrosión por picadura.

Apariencia: Picaduras formadas por óxido de hierro (FeO), fractura del elemento, pérdida de masa.

Tiempo de servicio:

8 años

Ambiente:

Exposición a la intemperie

Presión: 1026 hPa

Temperatura: 242 °C

Humedad: 50-60%

Causa: Se da debido a la falta de ventilación, porque ya hubo un daño en la capa protectora y no se le dio un mantenimiento adecuado (abandono).

Solución

Mantenimiento correctivo: Cambiar periódicamente la tubería que se corrió.

Mantenimiento preventivo: Limpiar extremadamente la superficie de la base o unión, curar lo oxidado y aplicar el uso de recubrimientos protectores, aleaciones resistentes a la corrosión, diseño adecuado para drenar líquidos y mantener un ambiente adecuado de temperatura y humedad.

Material:

Hierro fundido (Aleación de Fe con 2,5-4% de C y 1-3% de Si)

Sistema:

Sistema de distribución de agua (tuberías, válvulas).

Elemento: Válvula principal de la zona B.

Registro fotográfico:

Tipo de corrosión: Corrosión microbiana.

Apariencia: Formación de óxido de hierro (FeO) y agrietamiento en el cuerpo de la válvula y oxidación en las tuercas prensoras, además encontramos biofilms parecidas a las algas o musgo de color verde provocadas por microorganismos.

Tiempo de servicio:
20 años

Ambiente:
Exposición a la intemperie
Presión: 1026 hPa
Temperatura: 24 °C
Humedad: 50-60%

Causa: Se da debido a la exposición constante a ambientes corrosivos y húmedos, agua con material orgánico y minerales estancada lo que produce la llegada de microorganismos corrosivos y fugas pequeñas por uno de los tornillos de ajuste, también se da por la falta de mantenimiento y ventilación.

Solución

Mantenimiento correctivo: Cambiar periódicamente la tubería que se corrió.

Mantenimiento preventivo: Limpiar extremadamente la superficie del elemento, curar lo oxidado y considerar aplicar un aislamiento adecuado o un revestimiento protector.

Material:

Acero inoxidable.

Sistema:

Sistema de almacenamiento de agua.

Elemento: Tapa del tanque de reserva de agua.

Registro fotográfico:

Tipo de corrosión: Corrosión atmosférica uniforme.

Apariencia: Formación de óxido de hierro (FeO).

Tiempo de servicio:

4 años

Ambiente:

Exposición a la intemperie

Presión: 1026 hPa

Temperatura: 24 °C

Humedad: 53%

Causa: Se da debido a la exposición prolongada a ambientes húmedos o gases corrosivos, por la falta de ventilación, mantenimiento y limpieza inadecuada. Este elemento no tenía una capa de protección, como lo es la pintura u otro revestimiento.

Solución

Mantenimiento correctivo: Cambiar periódicamente la tapa del tanque.

Mantenimiento preventivo: Limpiar extremadamente la superficie de la tapa donde está corroída, aplicar revestimientos como pinturas, esmaltes, barnices o recubrimientos metálicos; para crear una barrera entre el metal y el ambiente corrosivo, utilizar metales o aleaciones que sean naturalmente resistentes a la corrosión en el ambiente específico.

Material:

Acero estructural (ASTM A36).
Composición química: C máx. (0,20 %), Mn máx. (...), P máx. (0,04%), S máx. (0,05%), Si máx. (0,40%), Cu máx. (0,20%).

Sistema:

Puerta principal de entrada de vehículos.

Elemento: Tubo cuadrado estructural soldado con tol.

Registro fotográfico:



Tipo de corrosión: Corrosión general.

Apariencia: El cambio de tonalidad a marrón en el metal base sugiere un proceso de corrosión asociado a la formación de óxidos y productos de degradación en su superficie, posiblemente debido a la interacción con agentes corrosivos en el entorno.

Esta alteración cromática podría derivar de la formación de óxidos de hierro, como el óxido férrico (Fe_2O_3), caracterizado por su coloración marrón.

Tiempo de servicio:
4 años

Ambiente:

Exposición a la intemperie
Alta concentración de humedad en la base
Temperatura: 23 °C
Humedad: 60 % (ambiente)

Causas: La corrosión general se debe a una reacción electroquímica entre el metal y su entorno corrosivo, donde ocurre la disolución del metal y la formación de productos de corrosión en toda su superficie expuesta. Factores como la humedad, la presencia de oxígeno y agentes corrosivos aceleran este proceso de deterioro.

Soluciones

Medidas correctivas: Cambiar el tipo de tol para que tenga mayor resistencia al ambiente.

Medidas preventivas: Aplicar un recubrimiento protector anticorrosivo después del mantenimiento correctivo y verificando que no haya zonas sin recubrir.

Material:

Latón cobreado.
Composición del latón: 70% Cu, 30% Zn.

Sistema:

Enchufe trifásico para soldadoras.

Elemento: Clavijas conectadas con conductores de cobre.

Registro fotográfico:

Tipo de corrosión: Corrosión galvánica.

Apariencia: Se manifiesta visualmente como una desigual decoloración superficial. Áreas de tonalidad marrón indican disolución preferencial del metal anódico, mientras que zonas catódicas permanecen menos afectadas. Esta morfología revela el proceso electroquímico que causa la degradación selectiva en el material.

Tiempo de servicio: 9 años

Ambiente:

Temperatura: 22 °C

Humedad: 60 % (ambiente)

Amperaje: 30 A

Causas: La corrosión galvánica en latón cobreado surge debido a la interacción entre diferentes metales en presencia de un electrolito.

La disímil composición electroquímica induce la formación de una celda galvánica, acelerando la disolución del metal menos noble (ánodo) en favor del más noble (cátodo), lo que resulta en daños en la superficie del latón cobreado.

Soluciones

Medidas correctivas: aplicación de un revestimiento protector. Este revestimiento debe ser específico para prevenir la reacción galvánica entre los metales en contacto.

Medidas preventivas: realizar una limpieza adecuada y aplicar inhibidores de corrosión que ayudarán a detener el avance del proceso corrosivo.

Material:

Acero estructural galvanizado.

ASTM A36.

Composición química: C máx. (0,20 %), Mn

máx. (...), P máx. (0,04%), S máx. (0,05%), Si

máx. (0,40%), Cu máx. (0,20%).

Galvanizado: 20% Zn.

Sistema:

Señalización principal de bodega.

Elemento: Platina galvanizado-remachada.

Registro fotográfico:

Tipo de corrosión: Corrosión galvánica.

Apariencia: La corrosión galvánica en ASTM A36 se refleja en una modificación de color en las áreas de contacto entre metales disímiles, causando la pérdida de brillo característico y la formación de pequeñas irregularidades superficiales.

Esta apariencia indica la reacción electroquímica entre el acero y otro metal, generando la corrosión galvánica.

Tiempo de servicio: 3 años

Ambiente:

Temperatura: 22 °C

Humedad: 60 % (ambiente).

Presión atmosférica (Riobamba): 1024 hPa

Causas: Una mala selección de materiales entre el ASTM A36 y el material contacto siendo uno el cátodo u otro el ánodo debido a su diferencia de potencial produciéndose la corrosión.

Soluciones

Medidas correctivas: Aplicación de un revestimiento protector. Este revestimiento debe ser específico para prevenir la reacción galvánica entre los metales en contacto.

Medidas preventivas: Realizar una limpieza adecuada y aplicar inhibidores de corrosión ayudará a detener el avance del proceso corrosivo.

Material:

Acero estructural galvanizado
ASTM A36
Composición química: C máx. (0,20 %),
Mn máx. (...), .P máx. (0,04%), S máx.
(0,05%), Si máx. (0,40%), Cu máx. (0,20%)
Galvanizado: 20% Zn.

Sistema:

Señalización principal de bodega.

Elemento: Tubo cuadrado galvanizado soldada en un extremo.

Registro fotográfico:

Tipo de corrosión: Corrosión por soldadura.

Apariencia: La corrosión por soldadura en ASTM A36 se manifiesta como una zona afectada alrededor de la unión soldada, caracterizada por un aspecto áspero y decolorado. Esta región presenta pérdida de brillo y puede tener irregularidades superficiales. El calor y la exposición al ambiente corrosivo en la soldadura pueden generar cambios en la estructura del acero, resultando en esta apariencia característica de corrosión por soldadura.

Tiempo de servicio: 3 años

Ambiente:

Temperatura: 22 °C

Humedad: 60 % (ambiente).

Presión atmosférica (Riobamba): 1024 hPa

Causas: Se soldó dos metales diferentes y no dieron un recubrimiento polimérico a la estructura metálica, es por eso conllevó la corrosión galvánica.

Soluciones

Medidas correctivas: Aplicación de un revestimiento protector. Este revestimiento debe ser específico para prevenir la reacción galvánica entre los metales en contacto.

Medidas preventivas: Realizar una limpieza adecuada y aplicar inhibidores de corrosión ayudará a detener el avance del proceso corrosivo.

Material:

Angulo estructural
ASTM (A 500)
Composición química: C máx. (0,26%),
Mn máx. (1,35%), P máx. (0,035%),
S máx. (0,035%), Cu máx. (0,2%).

Sistema:

Taladro pedestal.

Elemento: Ángulo estructural que soporta el taladro pedestal.

Registro fotográfico:

Tipo de corrosión: Corrosión por picadura.

Apariencia: La corrosión por picadura en el metal base provoca una alteración cromática hacia tonalidades marrones. A nivel microscópico, se manifiesta con una estructura granular en puntos localizados de la superficie. Este fenómeno es el resultado de reacciones electroquímicas localizadas y puede generar cavidades pequeñas y profundas en la estructura metálica.

Tiempo de servicio:
18 años

Ambiente:
Temperatura: 22 °C
Humedad: 60 % (ambiente).
Presión atmosférica (Riobamba): 1024 hPa

Causas: Aparentemente la pintura aplicada al material no fue la adecuada. Los rayones, grietas y zonas sin recubrimiento iniciaron la corrosión de la estructura.

Soluciones

Medidas correctivas: Aplicación de un revestimiento protector. Este revestimiento debe ser específico para prevenir la reacción galvánica entre los metales en contacto.

Medidas preventivas: Realizar una limpieza adecuada y aplicar inhibidores de corrosión ayudará a detener el avance del proceso corrosivo.

Material:

Angulo estructural
ASTM (A 500)
Composición química: C máx.
(0,26%), Mn máx. (1,35%), P máx.
(0,035%), S máx. (0,035%), Cu máx. (0,2%)

Sistema:

Prensa hidráulica.

Elemento: Chapa estructural que soporta toda la máquina.

Registro fotográfico:

Tipo de corrosión: Corrosión por picadura.

Apariencia: La corrosión por picadura en el metal base provoca una alteración cromática hacia tonalidades marrones. Este fenómeno es el resultado de reacciones electroquímicas localizadas y puede generar cavidades pequeñas y profundas en la estructura metálica.

Tiempo de servicio:

18 años

Ambiente:

Temperatura: 22 °C

Humedad: 60 % (ambiente).

Presión atmosférica (Riobamba): 1024 hPa

Causas: Aparentemente la pintura aplicada al material no fue la adecuada. Los rayones, grietas y zonas sin recubrimiento iniciaron la corrosión de la estructura.

Soluciones

Medidas correctivas: aplicación de un revestimiento protector. Este revestimiento debe ser específico para prevenir la reacción galvánica entre los metales en contacto.

Medidas preventivas: Realizar una limpieza adecuada y aplicar inhibidores de corrosión ayudará a detener el avance del proceso corrosivo.

Material:

AISI 3215:

Composición química: acero al Níquel-Cromo; contenido del 1.6% de Ni, 1.5% de Cr; contenido del 0.15% de carbono (C).

Sistema:

Llave de tubo.

Elemento: Parte móvil de la llave de tubo.**Registro fotográfico:****Tipo de corrosión:** Corrosión atmosférica.

Apariencia: Se evidencia por un cambio de color de la superficie, con la formación de capas de óxido de tonalidades variadas, que pueden ir desde amarillo hasta marrón oscuro. La textura puede tornarse áspera debido a la presencia de óxidos y productos de corrosión.

Tiempo de servicio:

8 años

Ambiente:

Temperatura: 22 °C

Humedad: 60 % (ambiente).

Presión atmosférica (Riobamba): 1024 hPa

Causas: En la base principal se puede observar por corrosión atmosféricas, por no aplicar una limpieza adecuada en toda la base.

Soluciones

Medidas correctivas: Aplicación de un revestimiento protector. Este revestimiento debe ser específico para prevenir cualquier tipo de corrosión entre los metales en contacto.

Medidas preventivas: Limpiar la herramienta cada vez que se utiliza.

Material:

AISI 3215.

Composición química: acero al Níquel-Cromo;
contenido del 1.6% de Ni, 1.5% de Cr;
contenido del 0.15% de carbono (C).

Sistema:

Llave inglesa.

Elemento: Llave inglesa.**Registro fotográfico:****Tipo de corrosión:** Corrosión uniforme.

Apariencia: Se evidencia por un cambio de color de la superficie, con la formación de capas de óxido de tonalidades variadas, que pueden ir desde amarillo hasta marrón oscuro. La textura puede tornarse áspera debido a la presencia de óxidos y productos de corrosión.

Tiempo de servicio: 10 años**Ambiente:**

Temperatura: 22 °C

Humedad: 60 % (ambiente).

Presión atmosférica (Riobamba): 1024 hPa

Causas: En la base principal se puede observar por corrosión uniforme, por no aplicar una limpieza adecuada en toda la herramienta cuando está en superficies corrosivos.

Soluciones

Medidas correctivas: Aplicación de un revestimiento protector. Este revestimiento debe ser específico para prevenir cualquier tipo de corrosión entre los metales en contacto.

Medidas preventivas: Limpiar con paños antioxidante después de la manipulación de la herramienta. Guardar en lugar seco y fuera de humedad.

Material:

Din 929 - lederer - para soldar / de acero

Sistema:

Turbina hidroeléctrica.

Elemento: Estator.**Registro fotográfico:****Tipo de corrosión:** Corrosión galvánica.**Apariencia:** La rosca de la tuerca del material presenta desprendimiento al inicio de su enrosque donde se observa que es la parte más corroída y que más desprendimiento de material ha ocurrido.**Tiempo de servicio:**

1 año

Ambiente:

T [°C]: 22

Humedad [%]: 88

Viento[km/h]: 40,8

Causa: Se produjo por contacto entre dos materiales diferentes que se encontraron en contacto con agua dulce siendo uno más noble que el otro y el agua dulce siendo su electrolito, este último teniendo más presencia al inicio del enrosque donde tuvo una velocidad de corrosión más alta.**Solución****Mantenimiento correctivo:** Con el cambio del estator cada cierto tiempo o colocar un material más noble para que entre estos dos su velocidad de corrosión disminuya.**Mantenimiento preventivo:** Con inhibidores de corrosión, pintar con pintura anticorrosivas.

Material:

Lámina galvanizada calibre 18 ASTM A36.
Composición química: C máx. (0,20 %), Mn máx. (.), P máx. (0,04%), S máx. (0,05%), Si máx. (0,40%), Cu máx. (0,20%).

Sistema:

Puerta de la bodega de almacenamiento.

Elemento: Puerta de bodega.

Registro fotográfico:



Tipo de corrosión: Corrosión galvánica.

Apariencia: En la parte superior de la puerta se perdió la capa protectora y se nota su desprendimiento además de las bisagras que actuaron como el material más noble para que la puerta a lo largo del tiempo vaya perdiendo su protección.

Tiempo de servicio:
23 años

Ambiente:
 T [°C]: 22
 Humedad [%]: 88
 Viento[km/h]: 40,8

Causa: Las bisagras fueron de un material más noble y con las condiciones ambientales dadas esta pintura de protección se desprendió dado a que no fue dado un mantenimiento preventivo como volver a aplicar otra capa de pintura.

Solución

Mantenimiento correctivo: Colocar unas bisagras menos nobles para que se reduzca su velocidad de corrosión y así la pintura de esta dure más tiempo.

Mantenimiento preventivo: Con inhibidores de corrosión, pintar con pintura anticorrosivas.

Material:

Acero AISI 4140.

Sistema:

Válvula hidráulica.

Elemento: Engranaje.**Registro fotográfico:****Tipo de corrosión:** Corrosión uniforme.**Apariencia:** El material presenta en toda su superficie un cambio en su color además de notar el desprendimiento de material de una manera uniforme a lo largo del mismo.**Tiempo de servicio:**

15 años

Ambiente:

T [°C]: 22

Humedad [%]: 88

Viento[km/h]: 40,8

Causa: Las condiciones ambientales y de trabajo a la que estaba sometido hicieron que este material se fuera a corroer a lo largo del tiempo ya que el porcentaje de humedad es alto además de la presencia de lluvia y viento, lo que hizo que fuera comenzando a perder material.**Solución****Mantenimiento correctivo:** Se podría cambiar el material a un acero inoxidable para que dure más tiempo en servicio.**Mantenimiento preventivo:** Con inhibidores de corrosión, pintar con pintura anticorrosivas.

Material:

Acero estructural ASTM A36.

Composición química: C máx. (0,20 %), Mn máx. (.), P máx. (0,04%), S máx. (0,05%), Si máx. (0,40%), Cu máx. (0,20%).

Elemento: Poste.

Registro fotográfico:



Sistema:

Poste eléctrico.

Tipo de corrosión: Corrosión uniforme.

Apariencia: El poste eléctrico perdió la capa protectora que evitaba su corrosión por ende también se denota una mala aplicación de esta al poder observar burbujas de aire en el mismo. dado a que no se cubrieron las porosidades del material de una manera correcta.

Tiempo de servicio:

23 años

Ambiente:

T [°C]: 22

Humedad [%]: 88

Viento[km/h]: 40,8

Causa: Dado la pérdida de la capa protectora y su mala aplicación, esta comenzó a desprenderse del material dando paso a la corrosión de manera uniforme; en ciertas partes donde se aplicó mal la pintura se comenzó a desprender y donde todavía no se ha desprendido es donde se aplicó correctamente la pintura.

Solución:

Mantenimiento correctivo: Escoger un material que no presente tantas porosidades o no sea una aleación con metales muy distintos dado que también se podría producir la corrosión selectiva a nivel microscópico.

Mantenimiento preventivo: Con inhibidores de corrosión, pintar con pintura anticorrosivas.

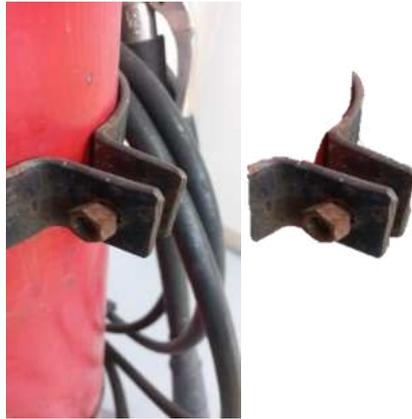
Material:

Norma ISO 4017 (din 933)
(pernos hexagonales milimétricos).

Sistema:

Extintor.

Elemento: Pernos.

Registro fotográfico:

Tipo de corrosión: Corrosión galvánica.

Apariencia: La tuerca se nota como está oxidada con un color marrón además, en la parte que está sujeta, posee una pintura protectora lo cual evita que esta se corroa, pero la misma ya presenta ciertos indicios de corrosión.

Tiempo de servicio:

10 años

Ambiente:

T [°C]: 22

Humedad [%]: 88

Viento[km/h]: 40,8

Causa: El perno es el material menos noble, siendo la parte que está sujeta más noble que la misma; además de poseer una protección mediante pintura, pero esta también está sujeta a un tanque metálico por lo que aquí también interactúan las dos produciéndose otra corrosión galvánica; en este caso, el tanque está junto a la abrazadera y la abrazadera junto al perno.

Solución

Mantenimiento correctivo: Al cambiar el perno por un metal más noble, se irá reduciendo su velocidad de corrosión.

Mantenimiento preventivo: Con inhibidores de corrosión, pintar con pintura anticorrosivas.

Material:

Norma ISO 4017 (din 933)
(pernos hexagonales milimétricos).

Sistema:

Boyas de navegación.

Elemento: Pernos.

Registro fotográfico:

Tipo de corrosión: Corrosión galvánica.

Apariencia: Se muestra la pérdida de su pintura protectora, además de comenzar a tener al color marrón indicativo de que el material empezó a corroerse; de igual manera, el material al que está adjunto presenta una mayor corrosión que el perno.

Tiempo de servicio:

20 años

Ambiente:

T [°C]: 22

Humedad [%]: 88

Viento[km/h]: 40,8

Causa: El perno y el material adjunto al inicio fue una buena idea recubrirlos de una pintura protectora pero debido a que en el mismo no se ha dado un correcto mantenimiento, esta pintura empezó a pasar su tiempo útil, por lo que el material adjunto se comenzó a corroer debido a que el perno es más noble y el perno se empezó a corroer por las condiciones ambientales presentes.

Solución

Mantenimiento correctivo: Colocando un perno menos noble para que se reduzca la velocidad de corrosión y así aumentar el tiempo de servicio de la misma.

Mantenimiento preventivo: Con inhibidores de corrosión, pintar con pintura anticorrosivas.

Material:

Acero estructural ASTM A36.

Sistema:

Boyas de navegación.

Elemento: Eje de las llantas.**Registro fotográfico:****Tipo de corrosión:** Corrosión uniforme.

Apariencia: En la parte externa del eje se empieza a notar un color marrón, además de denotarse la pérdida de su pintura anticorrosiva como se muestra en la foto; su pintura anticorrosiva era de un color blanco que se fue perdiendo a lo largo de los años.

Tiempo de servicio:
10 años

Ambiente:
T [°C]: 22
Humedad [%]: 88
Viento[km/h]: 40,8

Causa: Pérdida de su pintura anticorrosiva dejando el metal a la intemperie, lo que comenzó a generar una corrosión uniforme a lo largo de la misma, bajo las condiciones ambientales.

Solución

Mantenimiento correctivo: Cambiar la pieza a una de metal inoxidable o colocar una pintura anticorrosiva más eficaz.

Mantenimiento preventivo: Colocar un inhibidor de corrosión, pintar la tuerca con pinturas anticorrosivas.

Material:

Acero AISI 4140.

Sistema:

Bomba hidráulica.

Elemento: Eje del volante.

Registro fotográfico:

Tipo de corrosión: Corrosión generalizada (localizada).

Apariencia: La pieza denota una pérdida de su pintura anticorrosiva lo que provoca que la misma empezase a oxidarse en las zonas donde esta se desprendía, además de denotar que no hubo una correcta aplicación de esta por lo que en su parte superior no se denota corrosión del mismo tipo.

Tiempo de servicio:

10 años

Ambiente:

T [°C]: 22

Humedad [%]: 88

Viento[km/h]: 40,8

Causa: La pérdida de la pintura anticorrosiva y además el flujo de agua dentro de la misma hizo que este a lo largo del tiempo fuera perdiendo su pintura, además de las condiciones ambientales lo que generó que la misma tuviese una corrosión rápida en la parte donde se desprendía la pintura.

Solución

Limpieza del eje, mantenimiento preventivo con inhibidores de corrosión, pintar con pintura anticorrosivas.

Material:

Acero inoxidable martensítico son 410.

Sistema:

Turbina de generación eléctrica.

Elemento: Rodete.

Registro fotográfico:



Tipo de corrosión: Corrosión generalizada (localizada).

Apariencia: En la superficie de contacto con otro material diferente, adquiere un color rojizo con características de la corrosión generalizada además de notarse en las paletas de esta, una corrosión por cavitación producto de que la turbina recibe un caudal para impulsar el rodete.

Tiempo de servicio:

25 años

Ambiente:

T [°C]: 22

Humedad [%]: 88

Viento[km/h]: 40,8

Causa: El constante contacto con el electrolito del agua, además de la presencia de otro metal adjunto al mismo, hizo que a lo largo del tiempo este empezase a corroer además de que el constante uso de este hizo que esta tienda a agrietarse a lo largo del tiempo.

Solución

Mantenimiento anual, cambio de parte oxidada, limpieza con agua a presión en la zona afectada, aplicación de sebo al unir diferente material.

Material:

Pernos estructurales de alta resistencia ASTM A325.

Sistema:

Carcasa de la turbina.

Elemento: Perno de sujeción.**Registro fotográfico:****Tipo de corrosión:** Corrosión galvánica.

Apariencia: En la superficie de contacto con otro material diferente adquiere un color rojizo a pesar de que la misma cuenta con una pintura anticorrosiva, pero podemos observar que esta no fue correctamente aplicada; seguramente esta se aplicó después de colocar los tornillos provocando que quedasen en contacto el perno y el metal base.

Tiempo de servicio:

15 años

Ambiente:

T [°C]: 22

Humedad [%]: 88

Viento[km/h]: 40,8

Causa: A causa de una mala aplicación de la pintura anticorrosiva este perno y material adjunto empezaron a corroerse a lo largo del tiempo, lo que hizo que fueran perdiendo su pintura anticorrosiva siendo obviamente el perno menos noble que el material adjunto; por ende, el metal adjunto no presenta casi ningún signo de corrosión.

Solución

Mantenimiento anual, cambio del elemento oxidado, cambiar por un perno del mismo material o más noble.

Material:

Tubo cuadrado ASTM negro.

Sistema:

Columnas estructurales.

Elemento: Tubo cuadrado AST.

Registro fotográfico:

Tipo de corrosión: Corrosión generalizada (localizada).

Apariencia: Se denota el color marrón en los tubos además de una exposición al ambiente sin ninguna protección; aparte de estar juntos, a pesar de ser del material, se pudiera suscitar una corrosión selectiva si son una aleación de metales de diferente potencial eléctrico.

Tiempo de servicio:

4 años

Ambiente:

T [°C]: 22

Humedad [%]: 88

Viento[km/h]: 40,8

Causa: Expuesta al medio ambiente sin capa de protección además de estar juntos entre si con pequeños espacios, lo que podría suscitar a que por ahí entre el agua y se quede siendo el electrolito este que empiece a corroer la pieza.

Solución

Mantenimiento preventivo con inhibidores de corrosión, pintar con pintura anticorrosivas o tenerlas en alguna bodega para evitar la corrosión o reducir la velocidad de corrosión de esta.

Material:

AISI 4140:
Composición química: acero aleado
(Cr-Mo); contenido del 1.1% de Cr, 0.2%
de Mo; contenido del 0.40% de carbono (C).

Elemento: Admisión de bomba de agua.

Registro fotográfico:**Sistema:**

Bomba eléctrica.

Tipo de corrosión: Corrosión por cavitación.

Apariencia: Se manifiesta como pequeñas cavidades o agujeros en la superficie del metal. Estas áreas erosionadas muestran una apariencia irregular y rugosa, con bordes ásperos y desgastados. Pueden formarse en zonas con flujo turbulento, creando una textura distintiva degradada y desgastada.

Tiempo de servicio:

10 años

Ambiente:

Temperatura: 22 °C

Humedad: 80 % (ambiente).

Presión atmosférica (Riobamba): 1024 hPa

Presión de descarga: 60 psi

Causas: Por las presiones elevadas en los inicios de las recargas del fluido. El pH del agua.

Soluciones

Medidas preventivas: Aplicar una pintura anticorrosiva que evite el daño o modificar la presión del agua a la que cae, para que esta corrosión ocurra de manera más lenta.

Material:

AISI 4140:

Composición química: acero aleado (Cr-Mo); contenido del 1.1% de Cr, 0.2% de Mo; contenido del 0.40% de carbono (C).

Elemento: admisión de bomba de agua.

Registro fotográfico:**Sistema:**

Bomba centrífuga.



Tipo de corrosión: Corrosión por cavitación.

Apariencia: Se manifiesta como pequeñas cavidades o agujeros en la superficie del metal. Estas áreas erosionadas muestran una apariencia irregular y rugosa, con bordes ásperos y desgastados. Pueden formarse en zonas con flujo turbulento, creando una textura distintiva degradada y desgastada.

Tiempo de servicio:

7 años

Ambiente:

Temperatura: 22 °C

Humedad: 80 % (ambiente).

Presión atmosférica (Riobamba): 1024 hPa

Presión de descarga: 60 psi

Causas: Por las presiones elevadas en los inicios de las recargas del fluido. El pH del agua.

Soluciones

Medidas preventivas: Aplicar una pintura anticorrosiva que evite el daño o modificar la presión del agua a la que cae, para que esta corrosión ocurra de manera más lenta.

Material:

Acero estructural o ASTM A36
Composición química: C máx. (0,20 %), Mn máx. (...), P máx. (0,04%), S máx. (0,05%), Si máx. (0,40%), Cu máx. (0,20%).

Sistema:

Columpios.

Elemento: Columpios mecánicos oxidado.

Registro fotográfico:

Tipo de corrosión: Corrosión uniforme.

Apariencia: Pérdida de su brillo original tomando un color más opaco tirando más a marrón, señal de que ha empezado a corroerse; también con una pérdida de material o peso que se observa en los laterales.

Tiempo de servicio:
10 años

Ambiente:
Exposición a la intemperie
Alta concentración de humedad en la base
Presión: 1024 hPa
Temperatura: 22 °C
Humedad: 80 % (ambiente)

Causa: En la base principal se puede observar por corrosión de picaduras por no dar una limpieza adecuada en toda la base. Aparentemente la pintura aplicada al material no fue la adecuada. Los rayones, grietas y zonas sin recubrimiento iniciaron la corrosión de la estructura.

Solución

Medidas correctivas: Realizar el cambio de asiento cada cierto tiempo.

Medidas preventivas: Aplicar un recubrimiento protector anticorrosivo en toda la estructura verificando que no haya zonas sin recubrir.

Material:

Acero ASTM A36.
Composición química: C máx. (0,20 %), Mn máx. (.), P máx. (0,04%), S máx. (0,05%), Si máx. (0,40%), Cu máx. (0,20%).

Sistema:

Turbina Francis.

Elemento: Rotor

Registro fotográfico:



Tipo de corrosión: Corrosión por cavitación.

Apariencia: Deterioro del metal base con un cambio de tonalidad a una marrón. Muestra en los laterales de la corrosión que genera desde el eje hacia afuera, además en las paletas presenta claramente la corrosión por cavitación en forma de huecos en las mismas.

Tiempo de servicio:

10 años

Ambiente:

Exposición a la intemperie
Alta concentración de humedad en la base
Presión: 1024 hPa
Temperatura: 22 °C
Humedad: 88 % (ambiente)

Causa: El recubrimiento protector de la estructura debe ser el adecuado para brindar una protección contra la corrosión, aparentemente la pintura aplicada al material no fue la adecuada. Los rayones, grietas y zonas sin recubrimiento iniciaron la corrosión de la estructura.

Solución

Medidas correctivas: Utilizar materiales más resistentes en el rotor.

Medidas preventivas: Aplicar un recubrimiento protector anticorrosivo en toda la estructura verificando que no haya zonas sin recubrir.

Material:

Acero ASTM A36.
Composición química: C máx. (0,20 %), Mn máx. (.), P máx. (0,04%), S máx. (0,05%), Si máx. (0,40%), Cu máx. (0,20%).

Sistema:

Llanta de camión.

Elemento: Aro de llanta corroído expuesto al sol.

Registro fotográfico:

Tipo de corrosión: Corrosión atmosférica.

Apariencia: Deterioro del metal base con un cambio de tonalidad a una marrón. Presencia de pérdida de material base, además de tener una pérdida en su pintura de protección.

Tiempo de servicio:

10 años

Ambiente:

Exposición a la intemperie
Alta concentración de humedad en la base
Presión: 1024 hPa
Temperatura: 22 °C
Humedad: 88 % (ambiente)

Causa: El recubrimiento protector de la estructura debe ser el adecuado para brindar una protección contra la corrosión, aparentemente la pintura aplicada al material no fue la adecuada.

Solución

Medidas correctivas: Reemplazar el aro de llanta.

Medidas preventivas: Aplicar un recubrimiento protector anticorrosivo en toda la estructura verificando que no haya zonas sin recubrir.

Material:

Acero ASTM A500.
Composición química: C máx. (0,26%), Mn máx. (1,35%), P máx. (0,035%), S máx. (0,035%), Cu máx. (0,2%).

Sistema:

Estructura metálica.

Elemento: Rejilla.

Registro fotográfico:

Tipo de corrosión: Corrosión general.

Apariencia: Deterioro del metal base con un cambio de tonalidad a una marrón. Morfología granular en determinados puntos de la estructura. Además del desgaste de su pintura protectora.

Tiempo de servicio:

15 años

Ambiente:

Exposición a la intemperie
Alta concentración de humedad en la base
Presión: 1024 hPa
Temperatura: 22 °C
Humedad: 88 % (ambiente)

Causa: El recubrimiento protector de la estructura debe ser el adecuado para brindar una protección contra la corrosión, aparentemente la pintura aplicada al material no fue la adecuada.

Solución

Medidas correctivas: Recubrir con una capa especial de pintura protectora los lugares sin recubrimiento.

Medidas preventivas: Aplicar un recubrimiento protector anticorrosivo en toda la estructura verificando que no haya zonas sin recubrir.

Material:

Tubo cuadrado de acero (ASTM A500).
Composición química: C máx. (0,26%), Mn máx. (1,35%), P máx. (0,035%), S máx. (0,035%), Cu máx. (0,2%)
Malla electrosoldada trefilada (SAE 1006)
Composición química: C máx. (0,08 %), Mn máx. (0,25-0,40%), P máx. (0,040).

Sistema:

Estructura metálica.

Elemento: Reja con malla metálica.

Registro fotográfico:

Tipo de corrosión: Corrosión general.

Apariencia: Deterioro del metal base con un cambio de tonalidad a una marrón. Morfología granular en determinados puntos de la estructura. En el momento, solo en la esquina se ha empezado a corroer a tomar su color característico además de no tener pintura protectora.

Tiempo de servicio:

15 años

Ambiente:

Exposición a la intemperie
Alta concentración de humedad en la base
Presión: 1024 hPa
Temperatura: 22 °C
Humedad: 88 % (ambiente)

Causa: El recubrimiento protector de la estructura debe ser el adecuado para brindar una protección contra la corrosión, aparentemente la pintura aplicada al material no fue la adecuada.

Solución

Medidas correctivas: Reemplazar los materiales por unos menos corrosivos.

Medidas preventivas: Aplicar un recubrimiento protector anticorrosivo en toda la estructura verificando que no haya zonas sin recubrir.

Material:

Acero estructural galvanizado
ASTM A36.
Composición química: C máx. (0,20 %), Mn máx. (...), P máx. (0,04%), S máx. (0,05%), Si máx. (0,40%), Cu máx. (0,20%). Galvanizado: 20% Zn.

Sistema:

Estructura metálica.

Elemento: Armario metálico.

Registro fotográfico:

Tipo de corrosión: Corrosión general.

Apariencia: Deterioro del metal base con un cambio de tonalidad a una marrón. Morfología granular en determinados puntos de la estructura. Pérdida de la pintura anticorrosiva además de presentar cambios en las bisagras, está empezando desde la esquina inferior derecha.

Tiempo de servicio:

15 años

Ambiente:

Exposición a la intemperie
Alta concentración de humedad en la base
Presión: 1024 hPa
Temperatura: 22 °C
Humedad: 88 % (ambiente)

Causa: El recubrimiento protector de la estructura debe ser el adecuado para brindar una protección contra la corrosión, aparentemente la pintura aplicada al material no fue la adecuada.

Solución

Medidas correctivas: Cambiar la bisagra a un material menos noble para que esta velocidad de corrosión disminuya.

Medidas preventivas: Aplicar un recubrimiento protector anticorrosivo en toda la estructura verificando que no haya zonas sin recubrir.

Material:

Acero estructural galvanizado
ASTM A36.
Composición química: C máx. (0,20 %), Mn máx. (...), P máx. (0,04%), S máx. (0,05%), Si máx. (0,40%), Cu máx. (0,20%)
Galvanizado: 20% Zn.

Sistema:

Tubos redondo estructural.

Elemento: Tubos redondo estructural.

Registro fotográfico:

Tipo de corrosión: Corrosión general.

Apariencia: Deterioro del metal base con un cambio de tonalidad a una marrón. Pérdida de pintura protectora además de evidencia de pérdida de material con un color marrón oscuro.

Tiempo de servicio:

15 años

Ambiente:

Exposición a la intemperie.
Alta concentración de humedad en la base
Presión: 1024 hPa
Temperatura: 22 °C
Humedad: 88 % (ambiente)

Causa: Ataque atmosférico con baja humedad característico de la sierra ecuatoriana.

Solución

Medidas correctivas: Recubrir con una capa especial de pintura protectora lo lugares sin recubrimiento.

Medidas preventivas: Evitar los pares galvánicos y seleccionar materiales con baja relación de área catódica/anódica.

Material:

ASTM A36.

Composición química: C máx. (0,20 %), Mn máx. (...), P máx. (0,04%), S máx. (0,05%), Si máx. (0,40%), Cu máx. (0,20%).

Sistema:

Estructura metálica.

Elemento: Tubo cuadrado estructural soldada a otro tubo cuadrado.

Registro fotográfico:

Tipo de corrosión: Corrosión soldadura.

Apariencia: Corrosión perceptible a simple vista. La reja de varilla electrosoldada presenta corrosión uniforme en la totalidad de su superficie.

Tiempo de servicio:

15 años

Ambiente:

Exposición a la intemperie

Alta concentración de humedad en la base

Presión: 1024 hPa

Temperatura: 22 °C

Humedad: 88 % (ambiente)

Causa: El recubrimiento protector de la estructura debe ser el adecuado para brindar una protección contra la corrosión, aparentemente la pintura aplicada al material no fue la adecuada.

Solución

Medidas correctivas: Cambio de materiales de diferentes materiales.

Medidas preventivas: Limpieza correcta de escoria además de escoger un material a depositar más noble. Aplicar un recubrimiento protector anticorrosivo en toda la estructura verificando que no haya zonas sin recubrir.

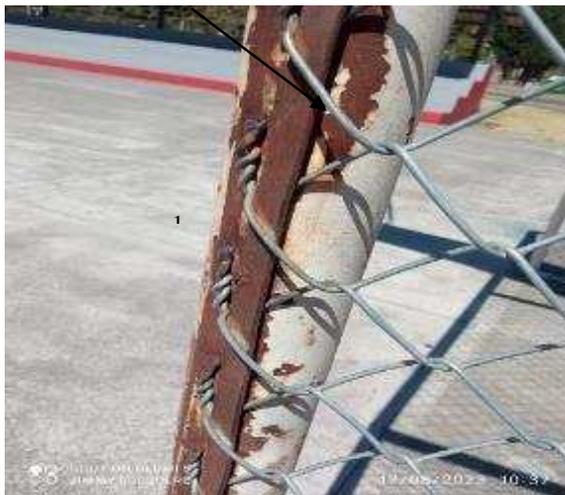
Material:

ASTM A36.
Composición química: C máx. (0,20 %), Mn máx. (...), P máx. (0,04%), S máx. (0,05%), Si máx. (0,40%), Cu máx. (0,20%).

Sistema:

Estructura metálica.

Elemento: Tubos redondos.

Registro fotográfico:

Tipo de corrosión: Corrosión galvánica.

Apariencia: Deterioro del metal base con un cambio de tonalidad a una marrón. Morfología granular en determinados puntos de la estructura.

Tiempo de servicio:

15 años

Ambiente:

Exposición a la intemperie
Alta concentración de humedad en la base
Presión: 1024 hPa
Temperatura: 22 °C
Humedad: 88 % (ambiente)

Causa: Ataque atmosférico con baja humedad característico de la sierra ecuatoriana.

Solución

Medidas correctivas: Cambio de los tubos a unos más resistentes a la corrosión.

Medidas preventivas: Aplicar un recubrimiento protector anticorrosivo en toda la estructura verificando que no haya zonas sin recubrir.

Material:

ASTM A36.
Composición química: C máx. (0,20 %), Mn máx. (...), P máx. (0,04%), S máx. (0,05%), Si máx. (0,40%), Cu máx. (0,20%).

Sistema:

Estructura metálica.

Elemento: Perno y rosca.

Registro fotográfico:

Tipo de corrosión: Corrosión galvánica.

Apariencia: Se observa que el perno y la rosca tienen diferente material al ser el perno más noble que la rosca, solo esta empezó a tomar el color marrón y a tener pérdida de material.

Tiempo de servicio:

15 años

Ambiente:

Exposición a la intemperie
Alta concentración de humedad en la base
Presión: 1024 hPa
Temperatura: 23 °C
Humedad: 60 % (ambiente)

Causa: El recubrimiento protector de la estructura debe ser el adecuado para brindar una protección contra la corrosión, aparentemente la pintura aplicada al material no fue la adecuada.

Solución

Medidas correctivas: Cambiar el perno a uno que iguale la nobleza del perno.

Medidas preventivas: Aplicar un recubrimiento protector anticorrosivo en toda la estructura verificando que no haya zonas sin recubrir.

Material:

Fundición dúctil GS 500-7 y Acero Inoxidable AISI SAE 316L (obturador, guía, horquilla y casquillo de retención).

Sistema:

Sistema de transporte de agua.

Elemento: Válvula de paso anular NGL.

Registro fotográfico:

Tipo de Corrosión: Corrosión uniforme.

Apariencia: Zona pequeña del material que no posee recubrimiento polimérico, es afectada por el entorno en el que se encuentra y acumula productos de corrosión de color rojizo.

Tiempo de servicio:

4 años

Ambiente:

Presión: 1026 hPa.

Humedad: 75 %

Temperatura: 8 – 19 °C

Causa: Desprendimiento de la capa protectora de la fundición en donde se evidencia presencia de productos de corrosión en la válvula de color rojizo.

Soluciones

Medidas Preventivas: Limpieza de la parte afectada por la corrosión, inspección visual de los componentes para detectar desprendimientos del polímero protector.

Medidas Correctivas: Aplicar un recubrimiento polimérico en la parte afectada.

Material:

Espárrago fabricado de acero galvanizado.

Sistema:

Sistema de transformadores a las torres de alta tensión.

Elemento: Aislador de suspensión tipo campana de porcelana.

Registro fotográfico:

Tipo de Corrosión: Corrosión generalizada.

Apariencia: Disminución del espesor del elemento en la zona atacada por el ambiente, elemento con productos de corrosión de color marrón en el centro de este.

Tiempo de servicio:

50 años

Ambiente:

Presión: 1026 hPa

Humedad: 75 %

Temperatura: 8 – 19 °C

Causa: Elemento atacado por la humedad del ambiente, debido a la presencia de grietas en su estructura, superficie del aislador húmeda que forma una película de agua que promueve la corrosión del elemento.

Soluciones

Medidas Preventivas: Inspección trimestral de los elementos de los transformadores y limpieza superficial con un cepillo y limpieza química con ácidos al espárrago.

Medidas Correctivas: Aplicación de recubrimiento metálicos y no metálicos.

Material:

Acero galvanizado.

Sistema:

Ramificación de agua uso externo.

Elemento: Codo de ½ in.**Registro fotográfico:****Tipo de Corrosión:** Corrosión general.**Apariencia:** Superficie cubierta por productos de corrosión de color de color rojizo, que cubren la gran mayoría del codo, es notoria las porosidades del elemento.**Tiempo de servicio:**

8-10 años

Ambiente:

Presión: 1034 hPa.

Humedad: 80 %

Temperatura: 8 – 24 °C

Causa: Adelgazamiento y deterioro del material debido al ataque del entorno al elemento, se generó corrosión generalizada a causa de las condiciones climáticas del ambiente y el tipo de material en el cual se fabricó el elemento.**Soluciones****Medidas Preventivas:** Limpieza del codo por tamboreo.**Medidas Correctivas:** Aplicación de recubrimientos poliméricos y recubrimientos químicos.

Material:

Acero estructural y acero galvanizado.

Sistema:

Sistema de bombeo de agua con tanque hidroneumático de almacenamiento.

Elemento: Perno de sujeción del tanque hidroneumático.

Registro fotográfico:

Tipo de Corrosión: Corrosión galvánica.

Apariencia: Acumulación de productos de corrosión de color rojizo y marrón, se identifican zonas que presentan más pérdidas de material que otras, y por ende poseen un espesor menor en comparación a otras zonas, la corrosión atacó tanto al perno como a la base que sujeta.

Tiempo de servicio:

6 años

Ambiente:

Presión: 1010 hPa

Humedad: 83 %

Temperatura: 8 – 10 °C

Causa: Corrosión uniforme tanto en el perno como en el elemento de acero galvanizado que sujeta, debido al contacto directo de metales que poseen diferente actividad sin protección alguna.

Soluciones

Medidas Preventivas: Limpieza superficial de elementos con ayuda de ácidos.

Medidas Correctivas: Aislar los elementos antes de permitir el contacto entre sí.

Recubrimientos superficiales y empleo de materiales de similares características en estructuras empernadas.

Material:

Acero galvanizado.

Sistema:

Sistema de transporte de agua.

Elemento: Tubería de 1 in.

Registro fotográfico:

Tipo de Corrosión: Corrosión por erosión (Interior del tubo).

Apariencia: Cambio notorio en el color del tubo, se identifica zonas de color rojizo y marrón, se evidencian productos de corrosión acumulados en el diámetro interior de la tubería.

Tiempo de servicio:

4 años

Ambiente:

Presión: 1022 hPa

Humedad: 80 %

Temperatura: 8 – 15 °C

Causa: Tubería atacada por el pH y composición del suelo, generando una celda de corrosión tipo concentración.

Soluciones

Medidas Preventivas: Análisis de la composición y pH del suelo en donde se enterrará la tubería. Protección por ánodo de sacrificio.

Medidas Correctivas: Aplicación de recubrimientos no metálicos, reemplazo de la tubería por otra con mejores propiedades.

Material:

ASTM A-516, acero al carbono.

Sistema:

Sistema de bombeo de agua con tanque hidroneumático de almacenamiento.

Elemento: Tanque hidroneumático.

Registro fotográfico:

Tipo de Corrosión: Corrosión generalizada.

Apariencia: Deterioro del material que no posee polímero de protección, presencia de productos de corrosión de color rojizo y marrón que evidencia el ataque del entorno al material.

Tiempo de servicio:
6 años

Ambiente:
Presión: 1010 hPa
Humedad: 83 %
Temperatura: 8 – 10 °C

Causa: Desprendimiento de la capa protectora del material por acción mecánica, exposición sin recubrimiento del material al entorno, provocando corrosión generalizada apoyada por las condiciones climáticas del ambiente.

Soluciones

Medidas Preventivas: Inspección visual de los elementos expuestos al aire libre, limpieza de la parte superficial de los componentes, granallado.

Medidas Correctivas: Aplicación de pintura anticorrosiva.

Material:

Acero de bajo contenido de carbono - AISI SAE1020.

Sistema:

Sistema de transformación de distribución para corriente eléctrica.

Elemento: Carcasa superior del transformador de distribución.**Registro fotográfico:****Tipo de Corrosión:** Corrosión generalizada (Uniforme).**Apariencia:** Se encuentra toda la superficie de la parte superior de la carcasa del transformador con un color amarillo rojizo producto de la corrosión.**Tiempo de servicio:**
22 años**Ambiente:**
Presión: 1030 hPa
Humedad: 57 %
Temperatura: 17 °C**Causa:** Ataca del ambiente hacia el material.**Soluciones****Medidas Preventivas:** Creación de una estructura que cubra el elemento, limpieza de la parte afectada por la corrosión.**Medidas Correctivas:** Aplicación de recubrimiento polimérico al elemento.

Material:

Acero de aleación de medio carbono templado y revenido - Grado 8.

Sistema:

Carcasa de una turbina de una hidroeléctrica.

Elemento: Elemento de sujeción- perno.

Registro fotográfico:

Tipo de Corrosión: Corrosión galvánica.

Apariencia: Zonas en donde interactúan diferentes materiales, contienen productos de corrosión de color rojizo, la corrosión ha afectado a las porosidades del perno y parte de la plancha que sujeta.

Tiempo de servicio:

50 años

Ambiente:

Presión: 1030 hPa

Humedad: 57 %

Temperatura: 17°C

Causa: Contacto entre materiales que poseen diferente actividad, el perno al poseer un material más activo sufre oxidación y retiene productos de corrosión entre los elementos que interactúan.

Soluciones

Medidas Preventivas: Verificar que el perno y la plancha de sujeta sea del mismo material para no causar una diferencia en el potencial eléctrico.

Medidas Correctivas: Utilizar recubrimientos con grasas en la parte que interactúa el perno con la plancha interior de elemento de sujeción.

Material:

Acero galvanizado, acero estructural.

Sistema:

Señalética de tránsito ESPOCH.

Elemento: Parte posterior de la señal de no estacionar en la ESPOCH.**Registro fotográfico:****Tipo de Corrosión:** Corrosión galvánica.**Apariencia:** Cambio de color de la plancha galvanizada de la señalética, productos de corrosión insertados en toda su área, fácil detección del ánodo y cátodo de la celda.**Tiempo de servicio:**

14 años

Ambiente:

Presión: 1030 hPa

Humedad: 57 %

Temperatura: 17 °C

Causa: Contacto de material que poseen diferente actividad, la plancha en la que se impregna la señalética está elaborada de un material más activo que el tubo estructural cuadrado que la sostiene.**Soluciones****Medidas Preventivas:** Utilizar elementos del mismo material para no causar una diferencia en el potencial eléctrico.**Medidas Correctivas:** Recubrimientos poliméricos entre los metales.

Material:

Acero estructural.

Sistema:

Parada de autobús ESPOCH.

Elemento: Comuna de soporte del techo de la parada.**Registro fotográfico:****Tipo de Corrosión:** Corrosión general (Uniforme).**Apariencia:** Desprendimiento del recubrimiento, la apariencia es de color rojizo como se muestra en la imagen por la corrosión generalizada.**Tiempo de servicio:**

25 años

Ambiente:

Presión: 1030 hPa

Humedad: 75 %

Temperatura: 17 °C

Causa: El desprendimiento del recubrimiento del metal acompañado de la intemperie de lugar produjo una corrosión uniforme en la superficie del material.**Soluciones****Medidas Preventivas:** Inspección visual anual, limpieza del material y protección de la estructura de la intemperie.**Medidas Correctivas:** Recubrir las zonas afectadas por corrosión recubrimientos poliméricos.

Material:

Acero de medio contenido de carbono.

Sistema:

Elemento de laboratorio.

Elemento: Probeta de ensayo de doblez.**Registro fotográfico:****Tipo de Corrosión:** Corrosión por soldadura.**Apariencia:** Presencia de productos de corrosión en la zona ZAC del cordón de soldadura, agrietamiento mínimo longitudinal en el material de aporte.**Tiempo de servicio:**

3 meses

Ambiente:

Presión: 1030 hPa

Humedad: 75 %

Temperatura: 17 °C

Causa: Incremento y disminución de la temperatura del material unido por soldadura, acumulación de tensiones y ataque del ambiente al cordón elaborado con material de aporte.**Soluciones****Medidas Preventivas:** Limpieza del material, alivio de tensiones con tratamientos térmicos.**Medidas Correctivas:** Protección con recubrimientos.

Material:

Acero al carbono de baja resistencia mecánica.
Acero naval a131.
Acero de media y alta resistencia con límite de fluencia mínimo de 235 Mpa.

Elemento: Equipos lumínicos para la ayuda a la navegación de Posorja.

Sistema:

Boyas de oleajes INOCAR.

Registro fotográfico:

Tipo de Corrosión: Corrosión uniforme húmeda.

Apariencia: Productos de corrosión presentes en el material de color rojizo, eliminación de la pintura marina que protege el acero.

Tiempo de servicio: 22 años

Ambiente:

Presión: 1013 hPa

Humedad: 76 %

Temperatura: 31 °C

Causa: Deterioro de la capa protectora del acero, debido a las condiciones ambientales y la constante exposición al agua marina. Se evidencia mayor presencia de productos de corrosión en la base de la boya.

Soluciones

Medidas Preventivas: Protección por ánodo de sacrificio.

Medidas Correctivas: Aplicación de pintura marina A181.

Material:

Lámina de espuma de polietileno.
Aluminio Marino (Al-Mg) serie 500-600.
Acero Inoxidable o Acero Galvanizado.

Sistema:

Boya que permite que un sistema de detección de tsunami (firmware) flote sobre océano en las costas del Ecuador, situadas a 65 y 70 millas náuticas de las costas de Manta y Esmeraldas.

Elemento: Boyas de detección de tsunamis INOCAR.

Registro fotográfico:

Tipo de Corrosión: Corrosión por agrietamiento.

Apariencia: Cambio de color y desprendimiento del recubrimiento de las planchas de acero galvanizado, agrietamiento de los cordones de soldadura que soportan los paneles solares.

Tiempo de servicio:
12 años

Ambiente:

Presión: 1013 hPa
Humedad: 75 %
Temperatura: 31 °C

Causa: Exposición sin protección de la boya al ambiente, acumulación de tensiones en las uniones soldadas, actividades de mantenimiento preventivo realizadas en periodos de tiempo inadecuados.

Soluciones

Medidas Preventivas: Tratamiento térmico a las uniones soldadas, protección por ánodo de sacrificio.

Medidas Correctivas: Aplicación de pintura marina A181 o pintura epóxica.

Material:

Estructura metálica elaborada con tubo cuadrado de Acero Inoxidable 304.
Pernos de acero de bajo contenido de carbono.

Sistema:

Sistema de soporte de alta tensión.

Elemento: Estructura horizontal, soporte de amortiguadores Stockbridge.

Registro fotográfico:



Tipo de Corrosión: Corrosión galvánica.

Apariencia: Presencia de productos de corrosión de color rojizo, en pernos y remaches que une las estructuras de soporte de los amortiguadores Stockbridge.

Tiempo de servicio:
5 años

Ambiente:
Presión: 1013 hPa
Humedad: 75 %
Temperatura: 31 °C

Causa: Acoples de metales diferentes, el material del tubo estructural es menos activo que el material de los pernos, razón por la cual, los pernos contienen productos de corrosión sobre ellos.

Soluciones

Medidas Preventivas: Protección por ánodo de sacrificio, utilización de inhibidores de corrosión.

Medidas Correctivas: Utilizar una brida de aislante eléctrico.

Material:

Plancha de acero estructural naval, fabricada con la norma NTE INEN 115, calidad ASTM A131, con espesor de 4-15 mm, resistente a la corrosión.
Pernos de Acero 1045.

Sistema:

Sistema de transporte de boyas oceanográficas.

Elemento: Casco del buque (roll on-roll off).

Registro fotográfico:

Tipo de Corrosión: Corrosión de galvánica.

Apariencia: Productos de corrosión de color rojizo en la plancha de acero estructural naval, en el punto de acoplamiento se puede observar la corrosión.

Tiempo de servicio:
4 años

Ambiente:
Presión: 1013 hPa
Humedad: 76 %
Temperatura: 31 °C

Causa: Contacto entre metales de diferente actividad, la plancha posee mayor actividad, por ende, sufre corrosión galvánica debido a que el perno al actuar como cátodo y oxida al elemento.

Soluciones

Medidas Preventivas: Protección por ánodo de sacrificio.

Medidas Correctivas: Utilizar una brida de aislante eléctrico.

Material:

Tubería de Acero al Carbono ASTM A 36, aleación de hierro con un contenido de carbono de 0,29%, a su vez posee manganeso y silicio en pequeñas cantidades, buena resistencia a la tracción.

Sistema:

Muelle de amarre para embarcaciones de INOCAR.

Elemento: Pilotes del muelle de INOCAR.

Registro fotográfico:

Tipo de Corrosión: Corrosión por soldadura.

Apariencia: Presencia de productos de corrosión de color rojizo, sobre los cordones de soldadura realizado en una tubería de acero ASTM A36.

Tiempo de servicio:
2 años

Ambiente:

Presión: 1013 hPa.
Humedad: 76 %
Temperatura: 31 °C

Causa: Cambio en la microestructura del tubo debido a procedimientos de soldadura realizados con anterioridad, generando precipitados y una estructura heterogénea en el material.

Soluciones

Medidas Preventivas: Material de aporte con propiedades electroquímicas cercanas a la base.

Medidas Correctivas: Alivio de tensiones con ayuda de tratamientos térmicos.

Material:

Acero naval A131.
Acero al carbono de baja resistencia mecánica.

Sistema:

Boyas de oleaje INOCAR (Armada del Ecuador).

Elemento: Equipos lumínicos para la ayuda a la navegación de Posorja.

Registro fotográfico:

Tipo de Corrosión: Corrosión por agrietamiento.

Apariencia: Aparición de grietas en los cordones de soldadura que unen las planchas de Acero Naval A131. Acumulación de productos de corrosión de color rojizo en el contorno de los cordones de soldadura, pérdida en tramos del material de aporte utilizado para unir las planchas y dar forma a las boyas.

Tiempo de servicio:
22 años

Ambiente:

Presión: 1030 hPa

Humedad: 75 %

Temperatura: 31 °C

Causa: Acumulación de tensión de los cordones de soldadura por procesos de soldadura continuos y sin precalentamiento del material.

Soluciones

Medidas Preventivas: Realizar un tratamiento térmico a los elementos soldados, para eliminar la acumulación de tensiones.

Medidas Correctivas: Aplicación de pinturas marinas anticorrosivas.

Referencias

- Almasa. (2016). *Alambre galvanizado recubierto PVC. Ficha Técnica*. <https://almasa.com.co/FichasTecnicas/construccion.pdf>
- Alsimet. (2020). *¿Cuáles son los tipos de corrosión más frecuentes y cómo evitarlos?* <http://alsimet.es/es/noticias/tipos-de-corrosion-como-evitarlos>
- Alter, L. B., Liesa Mestres, F., & Iribarren Laco, J. I. (2003). *Corrosión y protección*. Edicions UPC. (Obra original publicada en 2003).
- Álvarez, D. O. (2021). *Concepto de corrosión*. <https://concepto.de/corrosion/>
- Antala. (2020). *¿Qué es la corrosión y por qué se produce?* Blogs industrial. <https://www.antala.es/que-es-la-corrosion-tipos/>
- Autocasión. (2012). *Tipos de aceros en las carrocerías y su reparabilidad*. <https://www.autocasion.com/actualidad/reportajes/tipos-de-aceros-en-las-carrocerias>
- Autocosmos. (2011). *¿De qué están hechos los autos?* <http://especiales.espanol.autocosmos.com/tipsyconsejos/noticias/2011/11/24/de-que-estan-hechos-los-autos>
- Cifuentes, G., Simpson, J., & Vargas, C. (2006). *Fundamentos de corrosión y protección de materiales*. Editorial de la Universidad de Santiago de Chile.
- Corp. Yieh. (11 de agosto de 2023). *Aluminum*. <http://aluminum.yieh.com/es/aluminum-6000-series-2>
- Di Sarno, L., Majidian, A., & Karagiannakis, G. (2021). The effect of atmospheric corrosion on steel structures: a state-of-the-art and case-study. *Buildings*, 11(12), 571. <https://doi.org/10.3390/buildings11120571>
- During, E. D. (2018). *Corrosión Atlas* (Alan Studholme ed.). (A. G. Wolf, Ed.) Elsevier.
- Evans, U. R. (1951). Stress corrosion: its relation to other types of corrosion. *Corrosion*, 7(7), 238–244. <https://doi.org/10.5006/0010-9312-7.7.238>
- García, R. (7 de junio de 2019). *Efecto de la potencia láser del proceso HLAW en uniones de aceros HSLA 550 la microestructura y propiedades mecánica*. 107. <https://comimsa.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1022/341/1/Rub%C3%A9n%20García%20Jacobó%20%2805-06-2019%29%20Última%20Versi%C3%B3n.pdf>

- Gómez de León Hijes, F. (2006). *Manual básico de corrosión para ingenieros*. edit.um. (Obra original publicada en 2004)
- Grupo Suquimsa (2021). *Tipos de corrosión y características*. <https://www.gruposuquimsa.com/corrosion/>
- Harsimran, S., Santosh, K., & Rakesh, K. (2021). Overview of corrosion and its control: a critical review. *Proceedings on Engineering Sciences*, 3(1), 13–24. <https://doi.org/10.24874/pes03.01.002>
- Import Aceros. (2023). *Catálogo de productos 120*. <https://www.importaceros.com/wp-content/uploads/2021/01/Catalogo-importaceros-2021-web.pdf>
- Iverson, W. (2000). *Microbial corrosion of metals*. [https://doi.org/10.1016/S0065-2164\(08\)70077-7](https://doi.org/10.1016/S0065-2164(08)70077-7)
- Lanner América. (2020). *La fiable solución de cámara para camiones de basura construida con el V6S de Lanner*. <https://www.lanner-america.com/es/blog-es/el-v6s-crea-soluciones-fiables-de-camaras-para-camiones-de-basura/>
- Liu, T., & Weyers, R. W. (1998). Modeling the dynamic corrosion process in chloride contaminated concrete structures. *Cement and Concrete Research*, 28(3), 365–379. [https://doi.org/10.1016/s0008-8846\(98\)00259-2](https://doi.org/10.1016/s0008-8846(98)00259-2)
- Luz, G. (2022). *ASTM A992 Propiedades (mecánicas, químicas y clasificación)*. <https://www.materiales.gelsonluz.com/2020/09/astm-a992-propiedades-mecanicas.html>
- Molera Solá, P. (1990). *Metales resistentes a la corrosión*. Productica.
- OctalAcero. (2018). *ASTM A53 especificación de tubería*. <https://www.octalacero.com/astm-a53>
- Ollarves, G. (2017, agosto 15). *¿Qué es la corrosión y cómo evitarla?* Blog de Bricolaje Bricolemar. <https://www.bricolemar.com/blog/como-evitar-corrosion/>
- Rodríguez, R., Gaboreau, S., Gance, J., Ignatiadis, I., & Betelu, S. (2021). Reinforced concrete structures: A review of corrosion mechanisms and advances in electrical methods for corrosion monitoring. *Construction and Building Materials*, 269, 121240. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2020.121240>
- Saavedra, M. (2016). *Fundamentos de la corrosión*. https://www.academia.edu/30102295/Fundamentos_de_Corrosion
- Salazar, J. (27 de enero de 2015). Introducción al fenómeno de corrosión: tipos, factores que influyen y control para protección de materiales. *SciELO*, 28(3), 10. <https://www.scielo.sa.cr/pdf/tem/v28n3/0379-3982-tem-28-03-00127.pdf>

Shew-E. (2023). *ASTM A514 Placa de acero estructural de baja aleación Grado B*.
<https://es.shew-esteelpipe.com/steel-plate-coil/astm-a514-low-alloy-structural-steel-plate.html>

Vásquez, M. (2018). *La corrosión*. Eudem.

Volkswagen. (2023). *¿Qué es el chasis?*.
<https://www.vw.com.mx/es/experiencia/tips/chasis-volkswagen.html>

ISBN: 978-9942-679-04-8



9789942679048