

## LA IMPORTANCIA DE CONOCER SOBRE CONTAMINACIÓN DE SALES SOLUBLES EN SUPERFICIES



### INTRODUCCIÓN

Con demasiada frecuencia, los cursos de capacitación para inspectores de recubrimientos se enfocan en los puntos de control de inspección más comunes, como la medición de las condiciones ambientales, el perfil de la superficie y el espesor de la película seca, ya que estos se invocan con frecuencia en las especificaciones, independientemente del tipo de estructura y el entorno de servicio. Sin embargo, como inspectores de recubrimientos capacitados y certificados, se espera que seamos expertos y competentes en todo tipo de inspecciones, ya sean comunes o no. La detección y el análisis de la contaminación por sales solubles en la superficie es uno de esos requisitos invocados con "menos frecuencia", pero seguir los procedimientos adecuados para las pruebas y el informe de los resultados puede hacer o deshacer un proyecto de revestimiento en cualquier Industria.

## ANTECEDENTES (POR QUÉ ESTO ES IMPORTANTE)



Los contaminantes químicos de una superficie pueden incluir cloruro, iones ferrosos, sulfatos y nitratos, entre otros. Estos productos químicos o "sales" se depositan en las superficies mientras la estructura está en servicio, o durante el transporte de acero nuevo hacia o desde el taller de fabricación. Son solubles en agua, por lo que normalmente pueden eliminarse de las superficies mediante lavado a presión o chorro de agua utilizando agua limpia (el agua caliente funciona mejor que la fría) o agua con la adición de una solución patentada para mejorar la eliminación de sales.

La eficacia del lavado depende del estado de la superficie. Es decir, la contaminación es relativamente fácil de eliminar de superficies lisas, pero puede ser más difícil si las superficies están picadas o hay grietas, ya que la contaminación tenderá a concentrarse en estas zonas. Si las sales no se detectan o no se disuelven y enjuagan adecuadamente de las superficies, pueden quedar atrapadas bajo un sistema de revestimiento recién instalado.

Si hay suficiente agua en el entorno de servicio (por ejemplo, inmersión), el contaminante soluble en agua atrapado bajo el sistema de revestimiento arrastrará el agua a través de la película de revestimiento mediante un proceso conocido como "ósmosis". Esta fuerza de arrastre puede ser bastante potente y continuará hasta que la concentración de sal en el agua sea la misma a ambos lados de la película de revestimiento (la concentración alcanza el equilibrio).

Este proceso crea una acumulación de agua y presión bajo la película de revestimiento, a menudo suficiente para causar ampollas en el revestimiento (conocidas como ampollas osmóticas), corrosión bajo la película y fallo prematuro del revestimiento.

Además, si no se eliminan suficientemente las sales solubles de la superficie antes de la limpieza por chorro abrasivo, el abrasivo reciclado puede contaminarse. Tenga en cuenta que la norma SSPC-AB 2 exige que el abrasivo reciclado se someta a pruebas rutinarias para detectar contaminantes solubles en agua (concentración máxima de 1.000  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ).

Es por estas razones que algunas especificaciones requieren la inspección de las superficies en busca de contaminantes químicos antes y/o después de finalizar las operaciones de preparación de la superficie, pero antes de la aplicación de la imprimación. Dado que este tipo de contaminación no puede detectarse visualmente, debe tomarse una muestra de la superficie y analizar el "extracto" para detectar el contaminante o contaminantes en cuestión.

Tenga en cuenta que, aunque la contaminación por sales en el acero recién limpiado con chorro de arena no puede apreciarse visualmente, si el acero permanece sin recubrir durante la noche, el efecto de las sales suele ser visible al día siguiente en forma de manchas discretas de óxido en la superficie, normalmente asociadas a picaduras. Si una superficie contaminada con sales se pinta muy rápidamente después del granallado, la oxidación aún no será visible, por lo que se supondrá que todo está bien, pero ahora hay sales potencialmente perjudiciales atrapadas bajo la película de revestimiento. Las pruebas pueden ayudar a evitar que esto ocurra.

## ESTÁNDARES DE LA INDUSTRIA

Los estándares de la industria existentes se centran principalmente en los procedimientos de análisis y extracción de superficies, así como en la frecuencia y las ubicaciones de las pruebas. Los estándares comunes incluyen:

- Guía SSPC 15, *Métodos de campo para la recuperación y análisis de sales solubles en acero y otras superficies no porosas*
- SSPC Guía 24, *Frecuencia y ubicación de las pruebas de sal soluble en nuevas superficies de acero*
- NACE SP-0176-2016, *Frecuencia y ubicación de las pruebas de sal soluble en superficies previamente recubiertas*
- ISO 8502 *Preparación de sustratos de acero antes de la aplicación de pinturas y productos relacionados - Pruebas para la evaluación de la limpieza de la superficie*

- Parte 5: *Medición de cloruro en superficies de acero preparadas para pintar: método del tubo de detección de iones (ISO 8502-5:1998)*
- Parte 6: *Extracción de contaminantes solubles para análisis – El método Bresle (ISO 8502-6:1995)*
- Parte 9: *Método de campo para la determinación conductimétrica de sales solubles en agua (ISO 8502-9:1998)*
- Parte 10: *Método de campo para la determinación volumétrica de cloruro soluble en agua (ISO 8502-10:1999)*

Como inspector de recubrimientos, es importante utilizar los métodos de extracción y análisis especificados para el proyecto y no solo aquellos con los que se siente cómodo (o con los que recibió capacitación). También es importante reconocer que no existe un nivel de aceptación en toda la industria.

Los niveles de tolerancia pueden variar desde no detectables hasta 25 o incluso 50  $\mu\text{g}/\text{cm}^2$  (microgramos por centímetro cuadrado) y puede variar según el tipo de contaminante (p. ej., cloruro versus sulfato). La especificación del proyecto debe indicar la concentración superficial máxima para cada tipo de contaminación aniónica.

Si no se requieren pruebas específicas de iones (es decir, pruebas específicas de sal como cloruro o sulfato), entonces se puede especificar un umbral de conductividad máximo, como 5  $\mu\text{S}/\text{cm}$  (micro-Siemen por centímetro). Las mediciones de conductividad evalúan la contaminación de todas y cada una de las sales solubles que están presentes, independientemente del tipo específico de sal involucrada.

## PROCEDIMIENTOS DE PRUEBA

La Guía 15 de SSPC contiene una tabla que resume los métodos compatibles para la recuperación (extracción) y el análisis de sales solubles del acero y otras superficies no porosas. Aborda las mediciones por conductividad (no específica de iones) y métodos específicos de iones. Para las mediciones de conductividad, hay dos medidores (medidor de sal soluble y medidor de salinidad superficial) que realizan la extracción y el análisis en una unidad autónoma que utiliza sensores de conductividad integrados. Cada uno utiliza agua reactiva para el proceso de extracción y todo el proceso está automatizado.

Más comúnmente, aunque los procedimientos para la extracción o recuperación de las sales de la superficie y el método de análisis se llevan a cabo por separado; la tabla de la Guía 15 se refiere a estos como métodos de conductividad de múltiples pasos y métodos específicos de iones de múltiples pasos.

Muchos de estos se enumeran a continuación. Tenga en cuenta que las instrucciones paso a paso no se incluyen en este artículo, pero generalmente se cubren en la Guía 15 y los fabricantes de los kits de prueba las abordan específicamente.

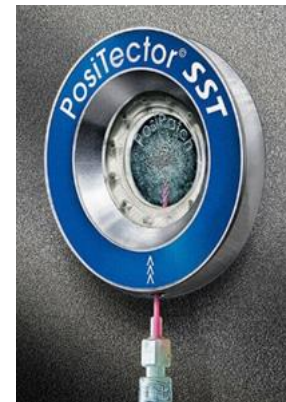
## MÉTODOS DE EXTRACCIÓN

Los métodos de extracción o recuperación incluyen:

1. Frotado de la superficie (es decir, frotar un área de superficie conocida [p. ej., 100 cm<sup>2</sup>] con una bola de algodón saturada utilizando una cantidad previamente medida de agua reactiva [p. ej., 10 ml])



2. Parche adhesivo de látex o poliuretano o celda magnética flexible reutilizable (es decir, colocar un parche adhesivo de látex/poliuretano o una celda magnética flexible reutilizable con un tamaño de celda conocido [12,25 cm<sup>2</sup>] en la superficie e inyectar una cantidad previamente medida de agua reactiva [3 ml] en el parche de látex con una jeringa).



3. Manguito de látex adherido con adhesivo (es decir, verter una cantidad previamente medida de solución de extracción patentada [10 ml] en un manguito de látex con un tamaño de abertura conocido [10 cm <sup>2</sup>] y unir el manguito a la superficie



4. Papel de filtro saturado (es decir, el papel de tamaño conocido se satura con agua reactiva y se coloca sobre la superficie)



## MÉTODOS DE ANÁLISIS

Los métodos de análisis del extracto o solución de prueba se clasifican por tipo de ión. Las concentraciones superficiales se calculan utilizando la fórmula:

$$(PPM \times mL \text{ de líquido de extracción}) \div \text{área extraída en cm}^2 = \text{microgramos/cm}^2 \text{ (o } \mu\text{g/cm}^2\text{)}$$

PPM: Parte por Millón

mL: Mililitro (igual que centímetro cúbico o cc)

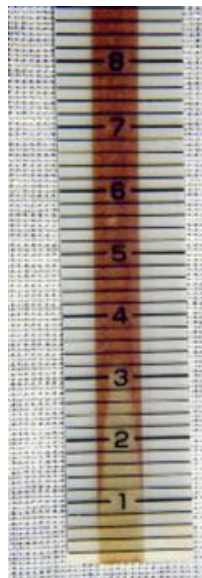
µg: Microgramo cm<sup>2</sup>: Centímetro cuadrado

**Nota:** Cuando la cantidad de líquido de extracción (en mL) es el mismo valor que el área extraída (en cm<sup>2</sup>), no es necesario realizar ningún cálculo ya que estos dos valores se anularán entre sí.

*Ejemplo:* (32 PPM x 10mL) ÷ 10 cm<sup>2</sup> = 32 microgramos/cm<sup>2</sup>

## IONES DE CLORURO

1. Tiras indicadoras de iones de cloruro. Las tiras contienen dicromato de plata, que precipita de color blanco en presencia de cloruro de sodio en la solución de prueba. El valor numérico de la tira reactiva se convierte a PPM usando una tabla de conversión en el envase de tiras reactivas.



1.4	0.0028	34	4.8	0.0337	252
1.6	0.007	41	5.0	0.040	240
1.8	0.008	48	5.2	0.043	258
2.0	0.009	56	5.4	0.046	276
2.2	0.011	65	5.6	0.049	294
2.4	0.012	73	5.8	0.053	321
2.6	0.014	82	6.0	0.057	345
2.8	0.015	92	6.2	0.061	370
3.0	0.017	102	6.4	0.066	398
3.2	0.019	113	6.6	0.070	428
3.4	0.020	124	6.8	0.076	460
3.6	0.022	136	7.0	0.082	495
3.8	0.025	149	7.2	0.088	533
4.0	0.027	162	7.4	0.095	576
4.2	0.029	176	7.6	0.103	623
4.4	0.031	190			

**Important: Keep Cap on Tight Between Uses**  
**STORE AT TEMPERATURES NOT TO EXCEED 86°F**

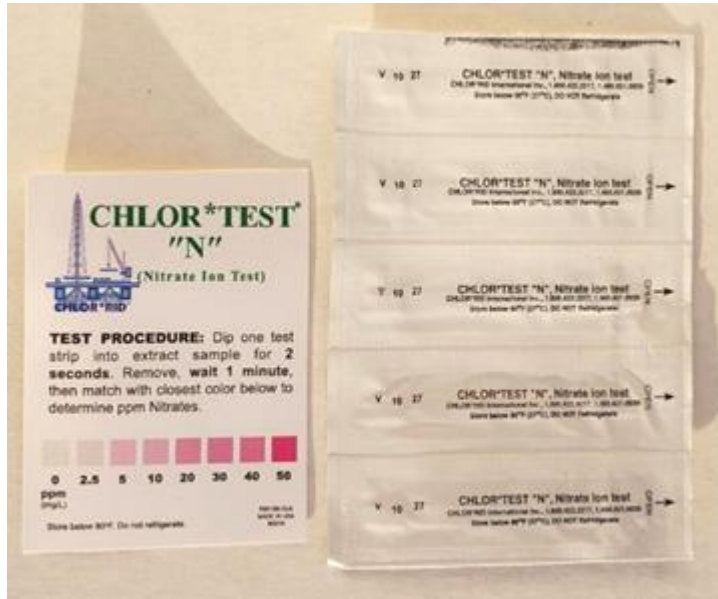
Hach Company, P.O. Box 388, Loveland, CO 80539-0388, Loveland, U.S.A. (970) 586-5800





## IONES DE NITRATO

1. Tiras indicadoras de iones de nitrato. La tira reactiva se sumerge en la solución de prueba y se compara con un gráfico indicador de color en el sobre de la tira reactiva. La unidad asignada a cada color es PPM  $\text{NO}_3^{-1}$ .



## IONES DE SULFATO

1. Ion sulfato por método colorimétrico. La solución de prueba se filtra en un vial especial de vidrio transparente, se tapa y se inserta en un medidor de detección de sulfato y se pone a cero. Se agrega una cantidad previamente medida de cloruro de bario a la solución, se vuelve a tapar el vial, se agita y se inserta en el medidor. El valor mostrado en el medidor es PPM  $\text{SO}_4^{-2}$



## NO ESPECÍFICO DE IONES (CONDUCTIVIDAD)



1. Conductímetros tipo sonda. La solución se dispensa en la sonda. El valor que se muestra está en micro-Siemen/cm ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ), pero también se puede mostrar en PPM y % de salinidad. Algunos fabricantes programan una conversión en el medidor para que el valor se muestre en  $\mu\text{g}/\text{cm}^2$  o  $\text{mg}/\text{m}^2$  (según ISO 8502-9, que se explica en el Apéndice A de la Guía 15).

2. Medidores de conductividad de anillo concéntrico. El papel de filtro saturado se transfiere desde la superficie al medidor de conductividad. El valor que se muestra (densidad de la sal) está en micro-Siemen/cm ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ), pero se puede mostrar como  $\mu\text{g}/\text{cm}^2$ ,  $\text{mg}/\text{m}^2$ , PPM o % de salinidad.



3. Medidores de conductividad de matriz de electrodos de rejilla. El papel de filtro saturado se transfiere desde la superficie al medidor de conductividad. El valor que se muestra (densidad de la sal) está en micro-Siemen/cm ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ), pero se puede mostrar como  $\mu\text{g}/\text{cm}^2$ ,  $\text{mg}/\text{m}^2$ , PPM o % de salinidad.



## FRECUENCIA DE LAS PRUEBAS

Ni la Guía SSPC 15 ni la ISO 8502-3 (partes 5, 6, 9, 10) abordan la frecuencia de las pruebas de sal soluble. La especificación del proyecto puede abordar la cantidad de ubicaciones para muestrear, por ejemplo, *"Tres pruebas para los primeros 1000 pies cuadrados limpiados con chorro cada turno más una prueba por cada 2000 pies cuadrados adicionales o parte de los mismos"*. Cuando este es el caso, el inspector de revestimiento prueba con esta frecuencia.

NACE SP-0176-2016, *"Frecuencia de prueba de sal soluble y ubicaciones en superficies previamente recubiertas"* puede invocarse por contrato. Cuando este sea el caso, se requiere la siguiente frecuencia de prueba:

- Cinco pruebas en los primeros 1000 pies cuadrados de acero preparado.
- Dos pruebas en los segundos 1000 pies cuadrados de acero preparado.
- Una prueba en cada 1000 pies cuadrados adicionales de acero preparado.

Además, se sugiere tomar muestras en lugares donde la pérdida de sección/picaduras, la corrosión y/o la falla del recubrimiento son evidentes. Es más probable que haya sales residuales en estos lugares en comparación con las áreas lisas y sin corrosión. Tenga en cuenta que los niveles de contaminación probablemente variarán considerablemente de un lugar a otro, por lo que la repetibilidad/reproducibilidad de las mediciones no está disponible en la práctica estándar.

Se puede invocar la Guía 24 de SSPC, *"Frecuencia y ubicación de las pruebas de sal soluble en superficies de acero nuevas"* cuando se requiere probar el acero nuevo antes de la preparación y pintura de la superficie. La ubicación y el número de sitios de prueba se basan en la forma y complejidad de los componentes. La Guía 24 aborda los componentes en forma de I (vigas en I), canales y ángulos, tanques y recipientes, tuberías y estructuras ensambladas.

El número de componentes a muestrear se basa en el tamaño del lote de los componentes que se preparan y recubren al mismo tiempo. Hay una cantidad de lote inicial y, en función de las concentraciones de sal detectadas, cantidades de lote posteriores. Para obtener más detalles sobre el muestreo de nuevos componentes de acero, consulte las Tablas 1, 2 y 3 en la Guía 24 de SSPC.

## RESUMEN

Este artículo describió la importancia de las pruebas de sal soluble en la superficie y exploró los diversos métodos de extracción y análisis que se pueden realizar en el taller o en el campo. También discutió varios estándares que abordan la frecuencia de las pruebas para estructuras de acero nuevas y existentes.

Como inspectores de recubrimientos capacitados/certificados, se espera que sepamos cómo realizar una variedad de procedimientos de extracción (recuperación) y análisis, tanto específicos de iones como a través de la conductividad cuando la especificación invoque umbrales de sal soluble en la superficie.

También se espera que accedamos, leamos y comprendamos los estándares de la industria publicados por NACE y SSPC heredados, así como los nuevos estándares de AMPP cuando los invoque la especificación para que las pruebas y los informes se realicen correctamente y con la frecuencia requerida.