



Desarrollo y evaluación de un desoxidante eficaz para la remoción de óxido en superficies corroídas de acero

Development and evaluation of an effective deoxidizer for rust removal on corroded steel surfaces

Desenvolvimento e avaliação de um desoxidante eficaz para a remoção de ferrugem em superfícies de aço corroídas

Zoila Valeria Tapia Gonzáles ^I
ztapia@epoch.edu.ec
<https://orcid.org/0000-0003-4810-5242>

Paúl Marcelo Manobanda-Pinto ^{III}
pmanobanda@uea.edu.ec
<https://orcid.org/0000-0003-0207-9229>

Alexandra Isabel Tapia-Borja ^{II}
alexandra.tapia@utc.edu.ec
<https://orcid.org/0000-0001-6935-5211>

Mabel Mariela Parada-Rivera ^{IV}
mparada@epoch.edu.ec
<https://orcid.org/0000-0001-7491-2078>

Correspondencia: ztapia@epoch.edu.ec

Ciencias Técnicas y Aplicadas
Artículo de Investigación

* **Recibido:** 13 de junio de 2023 * **Aceptado:** 30 de agosto de 2023 * **Publicado:** 20 de septiembre de 2023

- I. Ingeniera Química, Docente Investigador, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, Ecuador.
- II. Magíster, Ingeniería Química, Docente Investigador, Universidad Técnica de Cotopaxi, Latacunga, Ecuador.
- III. Ingeniero Químico, Magíster, Docente Investigador, Universidad Estatal Amazónica, Puyo, Ecuador.
- IV. Ingeniera Química, Magíster, Docente Investigador, Grupo de Investigación de Materiales Avanzados GIMA-ESPOCH, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, Ecuador.

Resumen

En este estudio se buscó evaluar la eficacia de un desoxidante para remover el óxido presente en superficies corroídas de acero. Para alcanzar este objetivo, se desarrolla dos formulaciones distintas mediante el método de mezcla de componentes desoxidantes. Tras experimentar con diversas combinaciones, se identifica una formulación especialmente efectiva, compuesta por un 50% de ácido oxácido y una combinación de ácido mineral, surfactante no polar y agua destilada. Durante el análisis experimental, se lleva a cabo pruebas físicas, químicas y reológicas para caracterizar el desoxidante, obteniendo valores promedio de densidad de 1,315 g/ml, un pH de 0,6 y una viscosidad de 0,044 Pa.s. Posteriormente, se procede a validar la eficiencia del producto desoxidante aplicándolo a probetas corroídas de acero comercial a través de tratamientos por inmersión y rociado (spray), analizando el tiempo necesario para cada método. Para evaluar la eficacia de la remoción de óxido, se utiliza el método de pruebas Bresle de acuerdo con la norma NTE INEN-ISO 8502-12, donde se prolongará la densidad superficial de iones hierro solubles en agua, los cuales están directamente relacionados con la corrosión de la superficie metálica. Dichas pruebas se realizaron antes y después de los tratamientos, y se adquirieron densidades promedio de iones de 234 mg/m² para acero negro y 103,5 mg/m² para acero suave. Los resultados demostraron que la aplicación de la nueva fórmula desoxidante modificó una remoción de productos de corrosión de entre un 87% a un 95%. Este alto porcentaje de remoción válida la eficacia y el potencial de nuestra formulación para enfrentar el desafío de la corrosión en superficies de acero corroídas. Nuestro estudio contribuye significativamente al campo de la prevención y mitigación de la corrosión, y se espera que esta formulación innovadora tenga un impacto positivo en la industria y la conservación de estructuras metálicas, al permitir un mantenimiento más efectivo y prolongar la vida útil de los materiales.

Palabras Clave: Corrosión; Desoxidante; Convertidor; Acero; Bresle.

Abstract

This study sought to evaluate the effectiveness of a deoxidizer to remove the rust present on corroded steel surfaces. To achieve this objective, two different formulations are developed using the method of mixing deoxidizing components. After experimenting with various combinations, a particularly effective formulation was identified, composed of 50% oxyacid acid and a combination

of mineral acid, non-polar surfactant and distilled water. During the experimental analysis, physical, chemical and rheological tests are carried out to characterize the deoxidizer, obtaining average density values of 1.315 g/ml, a pH of 0.6 and a viscosity of 0.044 Pa.s. Subsequently, the efficiency of the deoxidizing product is validated by applying it to corroded commercial steel specimens through immersion and spray treatments, analyzing the time necessary for each method. To evaluate the effectiveness of rust removal, the Bresle test method is used in accordance with the NTE INEN-ISO 8502-12 standard, where the surface density of water-soluble iron ions will be prolonged, which are directly related to the corrosion of the metal surface. These tests were carried out before and after the treatments, and average ion densities of 234 mg/m² for black steel and 103.5 mg/m² for mild steel were acquired. The results showed that the application of the new deoxidant formula modified the removal of corrosion products by between 87% and 95%. This high removal rate validates the effectiveness and potential of our formulation to address the challenge of corrosion on corroded steel surfaces. Our study contributes significantly to the field of corrosion prevention and mitigation, and this innovative formulation is expected to have a positive impact on the industry and conservation of metal structures, by allowing more effective maintenance and prolonging the useful life of materials.

Keywords: Corrosion; Deoxidizer; Converter; Steel; Bresle.

Resumo

Este estudo buscou avaliar a eficácia de um desoxidante na remoção da ferrugem presente em superfícies de aço corroídas. Para atingir esse objetivo, são desenvolvidas duas formulações diferentes utilizando o método de mistura de componentes desoxidantes. Depois de experimentar várias combinações, foi identificada uma formulação particularmente eficaz, composta por 50% de ácido oxiácido e uma combinação de ácido mineral, surfactante apolar e água destilada. Durante a análise experimental são realizados testes físicos, químicos e reológicos para caracterização do desoxidante, obtendo-se valores médios de densidade de 1,315 g/ml, pH de 0,6 e viscosidade de 0,044 Pa.s. Posteriormente, valida-se a eficiência do produto desoxidante aplicando-o em corpos de prova de aço comercial corroídos através de tratamentos de imersão e spray, analisando o tempo necessário para cada método. Para avaliar a eficácia da remoção de ferrugem, é utilizado o método de ensaio de Bresle de acordo com a norma NTE INEN-ISO 8502-12, onde será prolongada a densidade superficial dos íons de ferro solúveis em água, que estão diretamente relacionados à

corrosão do superfície metálica. Esses testes foram realizados antes e depois dos tratamentos, e foram obtidas densidades iônicas médias de 234 mg/m² para aço preto e 103,5 mg/m² para aço doce. Os resultados mostraram que a aplicação da nova fórmula desoxidante modificou a remoção dos produtos de corrosão entre 87% e 95%. Esta alta taxa de remoção valida a eficácia e o potencial da nossa formulação para enfrentar o desafio da corrosão em superfícies de aço corroídas. O nosso estudo contribui significativamente para a área da prevenção e mitigação da corrosão, esperando-se que esta formulação inovadora tenha um impacto positivo na indústria e na conservação de estruturas metálicas, ao permitir uma manutenção mais eficaz e prolongar a vida útil dos materiais..

Palavras-chave: Corrosão; Desoxidante; Conversor; Aço; Bresle.

Introducción

La corrosión es un fenómeno natural y perjudicial que afecta a una amplia gama de materiales afectando su integridad y durabilidad, siendo particularmente una problemática en estructuras metálicas debido a ciertas condiciones atmosféricas y por falta de un mantenimiento adecuado a los materiales (Salazar). El mecanismo de degradación de la corrosión en materiales metálicos tiene una gran repercusión en los sectores industriales y en su infraestructura, los costos asociados a este fenómeno son muy altos, representando entre el 3 – 5% del Producto Interno Bruto (PIB) (Lucas & Sánchez, 2018). Uno de los métodos eficientes y rápidos para tratar el óxido es la utilización de desoxidantes ya que remueven el óxido de las superficies metálicas (Lucas & Sánchez, 2018) (Pannoni, 2004), actuando en tiempos relativamente cortos, permitiendo que los elementos metálicos tratados tengan un mayor tiempo de utilidad (Belmont Metals). Por lo tanto, es crucial desarrollar métodos efectivos para eliminar el óxido y prevenir la propagación de la corrosión. El presente artículo se centra en el desarrollo y evaluación de un desoxidante altamente eficaz para la remoción de óxido en superficies corroídas de acero y prolongar la vida útil de los materiales metálicos. Para esto se han considerado investigaciones recientes que han abordado la problemática de la corrosión y la remoción de óxido en diferentes contextos. En trabajos previos, se han explorado diversas formulaciones y técnicas para desarrollar desoxidantes eficaces y respetuosos con el medio ambiente. Estos avances han proporcionado una base sólida para investigaciones posteriores y el desarrollo de nuevas soluciones, analizando sus propiedades físicas, químicas y reológicas aplicando este producto a probetas corroídas para comprobar su efectividad en cuanto

al porcentaje de remoción de óxido. La relevancia de este radica en su contribución al campo de la prevención y mitigación de la corrosión estudio. La formulación desoxidante desarrollada en este trabajo presenta un potencial significativo para su aplicación en la industria y la conservación de estructuras metálicas, ya que permite un mantenimiento más efectivo y prolonga la vida útil de los materiales. Se espera que estos resultados estimulen futuras investigaciones y promuevan la adopción de esta formulación como una solución confiable y eficiente en la lucha contra la corrosión.

Materiales y métodos

Para la investigación se elaboraron 2 formulaciones del desoxidante, donde se tomaron muestras en la etapa de elaboración determinando los componentes presentes en el producto, las propiedades físicas, químicas y reológicas, el método de aplicación y tiempo de acción. Con la aplicación del desoxidante en probetas corroídas de acero negro y acero suave estandarizadas, se determinó el porcentaje de remoción de óxido mediante las pruebas Bresle, donde se evaluó la densidad superficial de iones hierro Fe^{++} antes y después del tratamiento.

A. Muestra

Para obtener el tamaño de la muestra se realizó una selección por experiencia aleatoriamente, en base a estudios bibliográficos se trabajó con 18 probetas metálicas de acero negro y 18 probetas de acero suave en estado de corrosión Grado C (CYM Materiales S.A.). Obteniendo un total de 36 análisis considerando la formulación y el método de aplicación del producto.

B. Preparación de probetas metálicas

Se tomaron en cuenta las normas NTE INEN-ISO 1514 y ASTM B-117-03 (Instituto Ecuatoriano de Normalización, 2014) donde exponen la estandarización de las probetas para ensayos, indicando según el requerimiento el espesor y dimensiones de dichas probetas (Asociación Latinoamericana del Acero). Para la presente investigación se elaboraron probetas de acero negro y suave de dimensiones de 100 x 100 milímetros de largo y ancho con 3 milímetros de espesor.

C. Elaboración del desoxidante

Mediante la información obtenida por revisión bibliográfica se ejecutó la elaboración de los desoxidantes (Aguilar). Los componentes para los desoxidantes fueron un ácido oxácido, ácido mineral, surfactante no polar y agua desmineralizada. De manera que se realizaron dos formulaciones donde se varió el porcentaje del ácido oxácido y agua.

D. Pruebas físicas, químicas y reológicas

Para las pruebas físicas, químicas y reológicas se realizaron ensayos de densidad, pH y viscosidad respectivamente a cada formulación de desoxidante elaborado, donde se obtuvieron datos sobre las características del producto.

- Para la determinación de la densidad se aplicó la norma INEN INEN 1009, el método consistió en determinar la masa de una sustancia líquida contenida en un picnómetro a una temperatura estándar de $25^{\circ}\text{C} \pm 0.1^{\circ}\text{C}$ (Instituto Ecuatoriano de Normalización). El picnómetro utilizado fue del tipo Gay-Lussac con una capacidad de 10 cm³, equipado con una tapa de vidrio esmerilado y pulido que cuenta con un tubo capilar en posición vertical, el cual se localiza abierto a la atmósfera.
- El pH es una propiedad química que mide la actividad de iones hidrógeno en solución indicando su grado de alcalinidad o acidez (Khan Academy). Para esta medición se utilizó la Norma NTE INEN 820 como referencia mediante el uso de un pH-metro (Instituto Ecuatoriano de Normalización).
- La viscosidad mide la fluidez de una sustancia (Chacón), esta se determinó mediante el Método de Stokes, debido a las características que presentó el producto.

E. Aplicación del desoxidante en las probetas

Se tomó en consideración dos tipos de aplicación del producto en las probetas, por inmersión y rociado, ya que estos métodos son los más utilizados al realizar los tratamientos de desoxidación (Instituto Ecuatoriano de Normalización, 2014) (Calle & Calle).

F. Determinación de la corrosión en las probetas posterior al tratamiento de desoxidación

El método Bresle consiste en la determinación de contaminantes en una superficie, al aplicar dicha metodología se logró analizar la cantidad de iones hierro solubles en agua en las probetas metálicas tratadas con desoxidante, de manera que se identificó si la corrosión pudo ser controlada o no. Con el presente análisis también se pudo validar la eficiencia del producto elaborado. Dicha prueba cumple con las Normas ISO 8502-6 e ISO/DIS 8502-9, donde se especifican los procedimientos a seguir para un adecuado manejo del método (CPC Instrumentos) (Instituto Ecuatoriano de Normalización, 2014).

Resultados y discusión

Las dos formulaciones de desoxidante F1 y F2 fueron elaboradas a nivel de laboratorio, la distribución de componentes se detalla en la Tabla 1.

Tabla 1. Porcentajes de los componentes de los desoxidantes

Sustancia	Porcentaje (%v/v)	
	Formulación	Formulació
	F1	n F2
Agua destilada	43.5	63.5
Ácido oxácido	50	30
Ácido mineral y surfactante	6.5	6.5

Fuente: autores.

3.1. Pruebas físicas, químicas y reológicas

Para el análisis estadístico de los datos obtenidos de los ensayos realizados, se efectuó una prueba Turkey, donde se analizaron las varianzas estadísticamente significativas entre una formulación y otra con una significancia de 0.05 para todos los datos.

Al realizar la prueba de Turkey se apreció que existe una diferencia significativa entre las densidades de la primera formulación con las de la segunda formulación, esto es debido a la cantidad de componentes de cada fórmula, ya que F1 está compuesta en mayor proporción del ácido oxácido y tiende a poseer una densidad aproximada de dicho compuesto químico como se presenta en la Tabla 2.

Tabla 2. Varianza de densidades de los desoxidantes F1 y F2 elaborados

Formulación	Repeticiones	Promedio de densidad (g/mL)	Varianza
F1	12	1.3158	0.000134
F2	12	1.1837	0.000070

Fuente: autores.

En la Tabla 3 se muestra que al evaluar con la prueba de Turkey para los datos de pH no existe una di-ferencia significativa entre los datos, esto se debe a que las formulaciones de desoxidante elaboradas se encuentran en un rango ácido que no excede la unidad.

Tabla 3. Varianza de pH de los desoxidantes F1 y F2 elaborados

<i>Formulación</i>	<i>Repeticiones</i>	<i>Promedio de pH</i>	<i>Varianza</i>
F1	12	0.61	0.021433
F2	12	0.62	0.001027

Fuente: autores.

Con el análisis de Turkey se pudo corroborar que existe una diferencia significativa entre las viscosidades de ambas formulaciones, esto se debe a que cada formulación cuenta con distintos porcentajes de las sustancias que los componen, siendo que la viscosidad del producto tiende a ser parecida a la viscosidad del componente que está presente en mayor proporción dentro de la formulación como se puede observar en la Tabla 4.

Tabla 4. Varianza de viscosidad de los desoxidantes F1 y F2 elaborados.

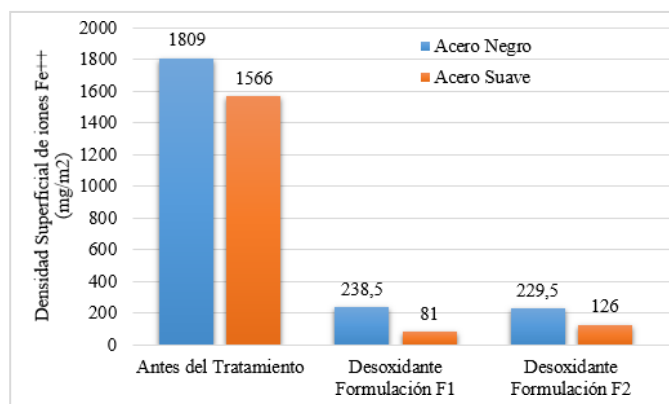
<i>Formulación</i>	<i>Repeticiones</i>	<i>Promedio de viscosidad (Pa.s)</i>	<i>de Varianza</i>
F1	12	0.0444	0.000002
F2	12	0.0280	0.000003

Fuente: autores.

3.2. Determinación de iones hierro- Prueba Bresle

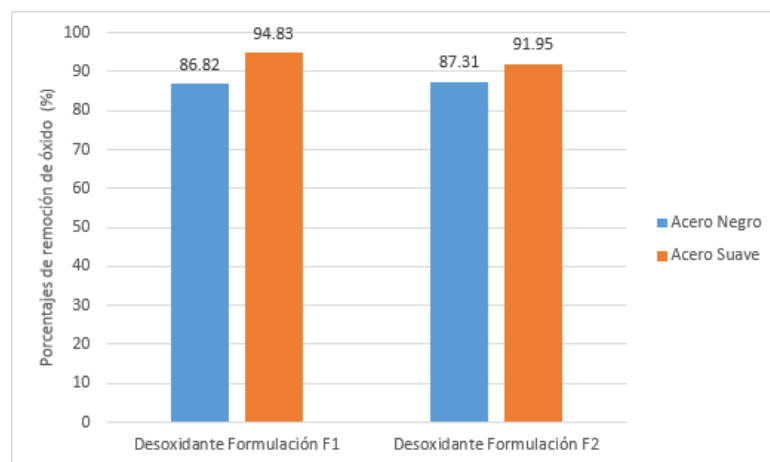
Después de ser tratadas las probetas corroídas con los desoxidantes elaborados se procedió a realizarles las pruebas Bresle según la normativa NTE INEN-ISO 8502-12 para comprobar el grado de corrosión de las probetas posterior a los tratamientos y determinar la densidad superficial de iones hierro Fe^{++} de manera que para el acero suave los valores son menores debido a que la composición de este metal le permite ser un poco más resistente a la corrosión como se presenta en la Figura 1.

Figura 1. Densidad de iones Fe^{++} en probetas corroídas antes y después de los tratamientos.



Los porcentajes de remoción de óxido de las formulaciones F1 y F2 tanto en acero negro como en acero suave se muestran en la Figura 2, para el caso del acero negro la mejor remoción en ese material se dio con la formulación F2 en cambio para el acero suave la mayor remoción se dio con la formulación F1, dejando la superficie tratada en estado de pasivación y recuperando la apariencia del material retirando en su mayoría el óxido de la superficie.

Figura 2. Porcentajes de remoción de óxido de los desoxidantes F1 y F2.



Para los datos analizados de las pruebas Bresle, se tomó en cuenta la formulación y el material de la probeta para el análisis de la varianza (Véase Tabla 5). Sin embargo, al realizar la prueba de Turkey para dichos datos, se apreció que la misma formulación de desoxidante aplicada a una probeta de acero negro y a otra de acero suave muestra una diferencia significativa en cuanto a la densidad de iones hierro de la superficie y por ende en la remoción de óxido. Es decir, que la remoción de óxido de una probeta corroída depende netamente del material que se está tratando,

ya que en este caso entre el acero negro y acero suave existe una diferencia porcentual de carbono, donde el acero suave presenta mejores propiedades frente a la corrosión.

Tabla 5. Varianza de la densidad superficial de iones Fe⁺⁺ de las probetas de hacer negro y suave tratadas con los desoxidantes F1 y F2.

<i>Formulación/Material</i>	<i>Repeticiones</i>	<i>Promedio de Densidad superficial de iones Fe⁺⁺ (mg/m²)</i>	<i>Varianza</i>
F1 / Acero Negro	6	238.5	1579.5
F2 / Acero Negro	6	229.5	3134.7
F1 / Acero Suave	6	81.00	583.20
F2 / Acero Suave	6	126.0	486.00

Fuente: autores.

3.3. Tiempos de acción

De los datos expuestos en la Tabla 6 se puede apreciar que el tiempo promedio de acción de la formulación F1 de desoxidante en las probetas corroídas es relativamente menor que el tiempo de acción de la formulación F2. Esto se debe a que la concentración del ácido oxácido es mayor en la primera formulación, lo que permite una reacción más rápida entre el desoxidante y la superficie corroída.

Tabla 6. Tiempos de acción de los desoxidantes F1 y F2.

<i>Método de aplicación</i>	<i>Material</i>	<i>Formulación</i>	<i>Tiempo [min]</i>
Rociado	Acero	F1	185.7
	Negro	F2	210.3
	Acero	F1	175.3
	Suave	F2	189.3
Inmersión	Acero	F1	63.0
	Negro	F2	77.0
	Acero	F1	57.7
	Suave	F2	68.7

Fuente: autores.

Conclusiones

La formulación más efectiva de desoxidante fosfatado se logró con un porcentaje del 50% de oxácido el cual actúa como disolvente de los productos de corrosión, removiendo el material corroído de las superficies metálicas. Entre los componentes de la formulación la concentración de ácido mineral y surfactante los cuales actúan como agentes pasivadores de la superficie, evitando que la corrosión aparezca nuevamente en un período de tiempo. De los análisis realizados al desoxidante se obtuvo que la densidad varía entre 1.30459 g/mL y 1.333268 g/mL. En cuanto a la viscosidad se apreciaron valores de 0.0431 Pa.s y 0.0471 Pa.s, estos datos son similares a los del ácido oxácido debido a que está presente en mayor cantidad en la formulación, el pH que presentó fue de entre 0.49 y 0.81. Mediante cotejo de pares fue comprobado que las propiedades de la nueva formulación obtenidas en esta investigación se encuentran dentro de los rangos establecidos para las aplicaciones industriales.

Al aplicar el desoxidante elaborado en las probetas corroídas se determinó que por inmersión el tiempo de tratamiento fue de 66.60 min y por rociado fue de 190.16 min, estos tiempos permitieron una remoción general de óxido y para validar su acción desoxidante se comprobó su efectividad mediante las pruebas Bresle analizando la densidad superficial de iones hierro Fe^{++} solubles en agua según la norma NTE INEN-ISO 8502-12, donde se presentó una remoción de óxido de 87% hasta 95%.

Referencias

- Aguilar, A. y. (s.f.). Efecto de formulaciones de convertidores de óxido aplicadas a probetas de acero 1010 expuestas en ambiente ácido. Recuperado el 15 de junio de 2021, de http://virtual.cautitlan.unam.mx/CongresoCiTEc/Memorias_Congreso/Anio_No1/9/ID-13.pdf
- Asociación Latinoamericana del Acero. (s.f.). Acero. Recuperado el 12 de enero de 2021, de <https://www.alacero.org/es/page/el-acero>
- Belmont Metals. (s.f.). Recuperado el 12 de enero de 2021, de Desgasificantes y desoxidantes: <https://www.belmontmetals.com/es/categoria-producto/desoxidantes-y-desgasificantes/>.
- Calle, M., & Calle, L. (s.f.). Determinación del espesor de la capa de fosfatizado en metales ferrosos en función de la concentración, temperatura y tiempo. Recuperado el 12 de enero de 2021, de <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/18268/1/T-UCE-0017-IQU-035.pdf>

- Chacón, L. (s.f.). Recuperado el 15 de Junio de 2021, de Estudio de los parámetros de reacción para la producción de biodiesel en condiciones no convencionales a partir de aceite de palma: <https://repositorio.espe.edu.ec/bistream/21000/13302/1/T-ESPEL-IPE-0002.pdf>
- CPC Instrumentos. (s.f.). Método Bresle. Recuperado el 6 de mayo de 2020, de <http://www.cpcinstrumentos.com/productos/metodo-bresle/#:~:text=El%20m%C3%A9todo%20Bresle%20permite%20determinar,la%20aplicaci%C3%B3n%20de%20los%20recubrimientos.&text=Este%20m%C3%A9todo%20cumple%20con%20la,saes%20solubles%20de%20la%20superficie>
- CYM Materiales S.A. (s.f.). Recuperado el 12 de enero de 2021, de Normas de Preparación de Superficie-Granallado y Arenado: <https://www.utp.edu.co/cms-utp/data/bin/UTP/web/uploads/media/contratacion/documentos/granalado-nomas-preparacion-de-superficie.pdf>
- Instituto Ecuatoriano de Normalización. (2014). NTE INEN -ISO 8502-12 PREPARACIÓN DE SUSTRATOS DE ACERO PEVIA A LA APLICACIÓN DE PINTURAS Y PRODUCTOS RELACIONADOS. ENSAYOS PARA LA EVALUACIÓN DE LA LIMPIEZA DE LAS SUPERFICIES. PARTE 12: MÉTODO IN SITU PARA LA DETERMINACIÓN DE IONES HIERROS SOLUBLES EN. Quito: INEN.
- Instituto Ecuatoriano de Normalización. (2014). NTE INEN-ISO 1514 PINTURAS Y BARNICES. PROBETAS NORMALIZADAS PARA ENSAYO. Quito: INEN.
- Instituto Ecuatoriano de Normalización. (s.f.). AGENTES SURFACTANTES. DETERMINACIÓN DEL pH. Recuperado el 12 de enero de 2021, de <https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/820-1R.pdf>
- Instituto Ecuatoriano de Normalización. (s.f.). PINTURAS Y PRODUCTOS AFINES. DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD. Recuperado el 12 de enero de 2021, de <https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/nte-inen-1009-1.pdf>
- Khan Academy. (s.f.). Ácidos y Bases, pH y asoluciones amortiguadoras. Recuperado el 15 de junio de 2021, de <https://es.khanacademy.org/science/biology/water-acids-and-bases/acids-bases-and-ph/a/acids-bases-ph-and-buffers>
- Lucas, B., & Sánchez, R. (2018). Corrosión. Valencia: Editorial de la Universidad de Valencia.
- Pannoni, F. (2004). Principios de proteccion de estructuras metálicas en situaciones de corrosión e incendio. Brasilia: PERFIS-GERDAU ACOMINAS.

Salazar, J. (s.f.). Introducción al fenómeno de corrosión: tipos, factores que influyen y control para la protección de materiales. Recuperado el 06 de noviembre de 2022, de <https://www.scielo.sa.cr/pdf/tem/v28n3/0379-3982-tem-28-03-00127.pdf>

© 2023 por los autores. Este artículo es de acceso abierto y distribuido según los términos y condiciones de la licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional (CC BY-NC-SA 4.0) (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>).