

Artículo

# Análisis de la Tasa de Corrosión en Recubrimientos Anticorrosivos en Acero A-36

Ambar Yépez Intriago<sup>[1]</sup>  Liliana López López<sup>[1]</sup>  Carlos Navarro Peñaherrera<sup>[1]</sup>  Marco Díaz Sánchez<sup>[2]</sup> 

[1] Universidad Técnica de Ambato, Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica, Ambato 180206, Ecuador

[2] Corporación Eléctrica del Ecuador



Autor para correspondencia: [ac.yepetz@uta.edu.ec](mailto:ac.yepetz@uta.edu.ec)

## Resumen

Este estudio se centró en analizar la influencia de tres tipos de recubrimientos orgánicos en la tasa de corrosión del acero al carbono A-36. Para ello, se expusieron las muestras recubiertas a una cámara de niebla salina, simulando un ambiente agresivo, y se evaluó su comportamiento anticorrosivo. Adicionalmente, se investigó el impacto de la limpieza previa a la aplicación de los recubrimientos. El proceso de ensayo se basó en la norma ASTM B117, la cual establece los parámetros necesarios para pruebas aceleradas de corrosión en cámaras de niebla salina, incluyendo los controles de laboratorio requeridos para validar los resultados. La tasa de corrosión se calculó siguiendo la norma ASTM G1, permitiendo comparar la efectividad de cada recubrimiento en la protección del acero. Complementariamente, se realizó una inspección visual de los recubrimientos de acuerdo con la norma ASTM D610 para determinar su grado de corrosión.

Palabras Clave: *Acero al carbono A-36, Recubrimientos, Corrosión, Cámara de niebla salina.*

## Corrosion Rate Analysis of Anticorrosive Coatings on A-36 Steel.

### Abstract

This study focused on analyzing the influence of three types of organic coatings on the corrosion rate of A-36 carbon steel. For this purpose, the coated samples were exposed to a salt spray chamber, simulating an aggressive environment, and their anticorrosion behavior was evaluated. Additionally, the impact of cleaning prior to the application of the coatings was investigated. The testing process was based on ASTM B117, which establishes the necessary parameters for accelerated corrosion testing in salt spray chambers, including the laboratory controls required to validate the results. The corrosion rate was calculated following the ASTM G1 standard, allowing comparison of the effectiveness of each coating in protecting the steel. Additionally, a visual inspection of the coatings was performed according to ASTM D610 to determine their corrosion rate.

Keywords: *A-36 carbon steel, Coatings, Corrosion, Salt spray chamber.*

## 1. Introducción

Durante años se han llevado a cabo varios estudios para prevenir la corrosión en materiales. El sector metalmeccánico es uno de los pilares de la economía ecuatoriana, con el acero como materia prima fundamental. Sin embargo, la corrosión, un proceso de degradación que deteriora y acorta la vida útil de los materiales, representa una amenaza constante para esta industria. (Jiménez María & Navarrete Marco, 2018)

El acero estructural, utilizado en sectores como la industria automotriz, la construcción, la textil y la agropecuaria, se encuentra expuesto a diversos entornos agresivos durante su manipulación y uso. La lucha contra la corrosión es crucial para garantizar la seguridad de los trabajadores, proteger la inversión en infraestructura y maquinaria, y optimizar el uso de recursos económicos. (Chiriboga et al., 2022)

La corrosión es un proceso inevitable que enfrenta todo material a su regreso a su estado más estable, usualmente en forma de óxidos o sulfuros. (Rodríguez et al., 2020). Este deterioro, producido por la exposición ambiental, representa una pérdida de masa y una amenaza a la integridad estructural de los materiales. Si bien eliminar la corrosión por completo es una tarea titánica, existen estrategias para controlarla y mitigar sus efectos. (Mao et al., 2020) La clave reside en comprender la naturaleza electroquímica del proceso y las condiciones que lo aceleran. En el caso del acero, la presencia de oxígeno y agua actúa como catalizador de la corrosión. Para combatirla, se recurre a la aplicación de productos altamente alcalinos que alteran el entorno y dificultan la reacción química (Roberge, 2000).

La Asociación Nacional de Ingenieros de Corrosión (NACE) ha desempeñado un papel fundamental en la investigación y comprensión de la corrosión. A través de diversos estudios, como el NACE 3D170, titulado "Técnicas para monitorizar la corrosión y parámetros relacionados en aplicaciones de campo", NACE ha analizado en profundidad las distintas técnicas de evaluación de la corrosión, destacando sus ventajas y limitaciones (NACE International, 2001).

En Latinoamérica, debido a las condiciones ambientales, se realizan diversos estudios para prevenir la corrosión. En Colombia se realizaron pruebas de corrosión en tres materiales: acero al carbono, acero galvanizado y aluminio, durante 8 meses en 21 sitios colombianos con diversos grados de agresividad ambiental. Cada dos meses, se clasificaron las atmósferas utilizando la técnica CLIMAT, una herramienta para evaluar las condiciones climáticas y su impacto en materiales. El estudio culminó con la correlación entre las velocidades de corrosión observadas en los materiales y las variables atmosféricas medidas en los sitios de muestreo. Entre estas variables se encuentran la temperatura, la humedad relativa, la concentración de cloruros y la concentración de sulfatos (Correa et al., 2008).

Los recubrimientos anticorrosivos son como armaduras protectoras para los materiales. Se componen de una mezcla estable de pigmentos inmersos en una solución de resinas y aditivos. Al aplicar una fina capa de este compuesto, se crea una película flexible y adherente que actúa como una barrera protectora contra la corrosión. (Oliveira et al., 2019) Existen dos tipos principales de recubrimientos no metálicos: Orgánicos, están formulados con materiales orgánicos o inorgánicos dispersos en una matriz orgánica. Inorgánicos, se basan en materiales inorgánicos, como el cemento o los vidrios, que pueden modificarse con materiales orgánicos o metálicos para mejorar sus propiedades (Baboian, 2006).

El método de Ensayo de Niebla Salina, basado en la norma ATMB 117 establece el proceso en el cual, mediante la atomización de una solución al 5% de NaCl, en la cámara de niebla salina, se puede tener una corrosión acelerada, que permitirá comparar el comportamiento de recubrimientos orgánicos en el acero A-36. (ASTM B117 Standard Practice for Operating Salt Spray (Fog) Apparatus 1, 2011)

## 2. Material y métodos

La tasa de corrosión (mm/año) se evaluará utilizando la siguiente fórmula: (ASTM-G1-03-2017-E1: Standard Practice for Preparing, Cleaning, and Evaluating Corrosion Test Specimens, 2017)

$$\text{Tasa de corrosión} = \frac{W \cdot k}{A \cdot T \cdot D} \quad (1)$$

donde:

*K*: constante, (Tabla 1)

*T*: tiempo de exposición (h)

*A*: área (cm<sup>2</sup>)

*W*: masa perdida (g)

*D*: densidad (g/cm<sup>3</sup>)

Tabla 1: Valores de la Constante K. (ASTM-G1-03-2017-E1: Standard Practice for Preparing, Cleaning, and Evaluating Corrosion Test Specimens, 2017)

| Unidades Deseadas de Tasa de Corrosión | Constante de corrosión K |
|----------------------------------------|--------------------------|
| Mili pulgadas por año (mpy)            | 3.45 x 10 <sup>6</sup>   |
| Pulgadas por año (ipy)                 | 3.45 x 10 <sup>3</sup>   |
| Pulgadas por mes (ipm)                 | 2.87 x 10 <sup>2</sup>   |
| Milímetros por año (mm/y)              | 8.76 x 10 <sup>4</sup>   |
| Micrómetros por año (um/y)             | 8.76 x 10 <sup>7</sup>   |
| Picómetros por segundo (pm/s)          | 2.87 x 10 <sup>6</sup>   |

Para contrastar los resultados obtenidos mediante la ecuación, se aplicará el Método del Grado de Oxidación en Superficies de Acero Pintadas, según la norma ASTM D610,

que es un método de inspección visual en el que se estima el porcentaje de la superficie corroída. (“ASTM-D610: Standard Test Method for Evaluating Degree of Rusting on Painted Steel Surfaces,” 2016)

En el desarrollo de la investigación se utilizaron probetas de Acero A-36, a los cuales se les aplicó diferentes limpiezas iniciales, manual, mecánica y chorro abrasivo en seco. (Arceo et al., 2021) Adicionalmente se seleccionaron recubrimientos no metálicos, los cuales se compararán. Los

recubrimientos para evaluar son Pintura Anticorrosiva, que tienen pigmentos que inhiben la corrosión en el metal base. En la Tabla 2, se visualiza las probetas a utilizar con su método de limpieza y el recubrimiento a aplicar en cada una de ellas. Como el ensayo es experimental se hará una réplica de 5 unidades por cada probeta. Además, se han establecido cinco grupos de estudio, que se sumergirán en una cámara de niebla salina para medir el grado de corrosión. Cada recubrimiento utilizará el catalizador recomendado por el fabricante.

Tabla 2: Preparación de Probetas.

| Limpieza Inicial | Recubrimiento           | Método de Aplicación del Recubrimiento |
|------------------|-------------------------|----------------------------------------|
| Manual           | Epoxi con Cinc Activado | Cepillado y Pulverizado                |
|                  | A base de Solvente      | Cepillado y Pulverizado                |
|                  | Con Resinas Sintéticas  | Cepillado y Pulverizado                |
| Mecánica         | Epoxi con Cinc Activado | Cepillado y Pulverizado                |
|                  | A base de Solvente      | Cepillado y Pulverizado                |
|                  | Con Resinas Sintéticas  | Cepillado y Pulverizado                |
| Chorro Abrasivo  | Epoxi con Cinc Activado | Cepillado y Pulverizado                |
|                  | A base de Solvente      | Cepillado y Pulverizado                |
|                  | Con Resinas Sintéticas  | Cepillado y Pulverizado                |

Tabla 3: Tiempo de exposición en la Cámara de Niebla Salina por Grupo

| Grupo | Tiempo de Exposición (h) |
|-------|--------------------------|
| 1     | 24                       |
| 2     | 28                       |
| 3     | 72                       |
| 4     | 96                       |
| 5     | 120                      |

Las probetas por utilizarse tienen una dimensión de 45 x 20 x 3 mm, corte en frío. El método de limpieza manual consiste en limpiar las superficies con una lija número 150. El método de limpieza mecánica se aplica con una grata, y el método de limpieza por chorro abrasivo utiliza la técnica de *sponge jet*. (Viganò et al., 2017)

Una vez aplicada la limpieza inicial, las probetas son recubiertas según las indicaciones del fabricante, cuando ha transcurrido el tiempo de secado se realiza una inspección visual, en la cual es importante visualizar cualquier tipo de imperfección como porosidad, ralladuras, zonas en las que el cubrimiento se haya desprendido, ya que esto invalida a la probeta para la experimentación.

En la Figura 1 se observa un lote de probetas con el método de limpieza inicial por cepillado.

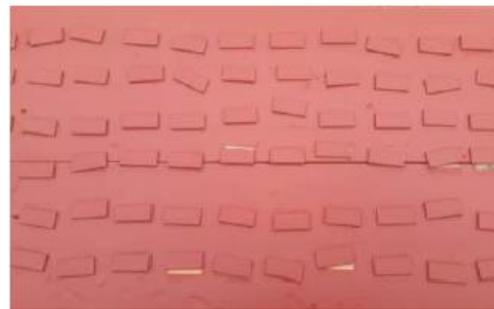


Figura 1: lote de probetas con el método de limpieza inicial por cepillado

En la Figura 2 se observa el posicionamiento de las probetas previo a la sumersión en la cámara de niebla salina. Los lotes de probetas se identificaron por números para conocer el tiempo de exposición de cada uno (Figura 3).

El caudal de solución a utilizar es de 0.5 l/hora, obteniéndose un volumen total de solución de 60 litros. La norma ASTM B117 establece que la concentración de solución debe ser 5 gramos de sal por 100 gramos de solución obteniéndose en total una masa de solvente igual a 3083.12 gramos (Yépez Ambar, 2017). En este experimento es importante el control del pH de la solución el cual debe oscilar entre 6.5 a 7.2.

(ASTM B117 Standard Practice for Operating Salt Spray (Fog) Apparatus 1, 2011).

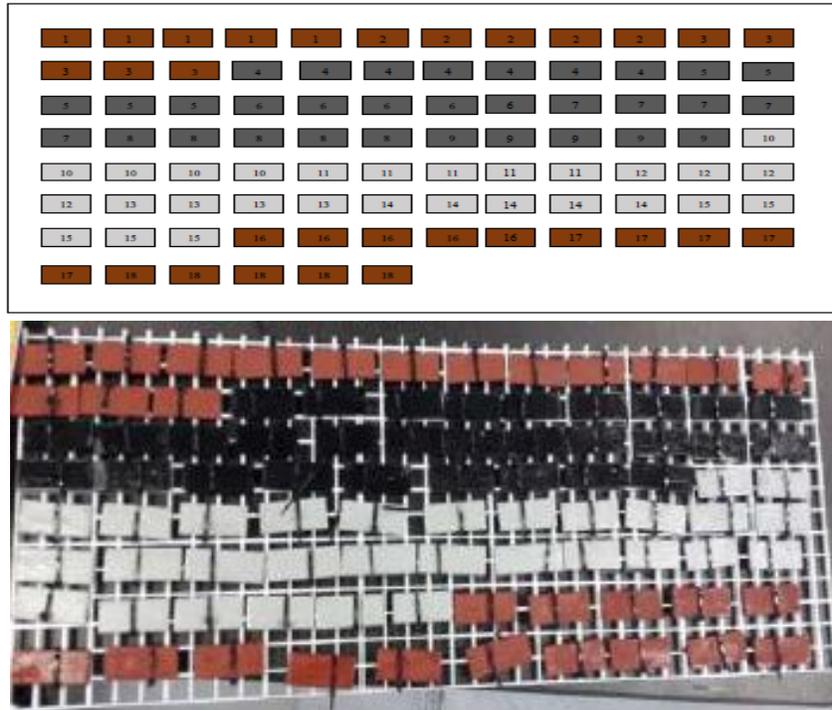


Figura 2: Posicionamiento de probetas, la primera gráfica representa el esquema y la identificación por colores. El color rojo identifica al recubrimiento a base de solventes, el color negro al recubrimiento con resinas sintéticas y color gris al recubrimiento epoxi con cinc activado.

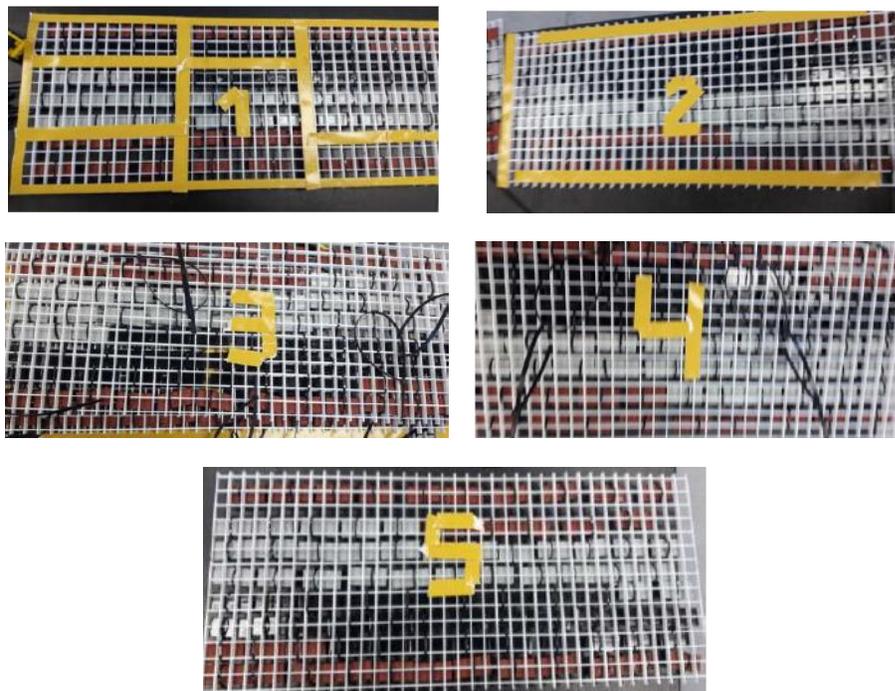


Figura 3: Lotes de probetas previo al Ensayo en la Cámara de Niebla Salina.

### 3. Resultados y discusión

Durante la fase experimental fue importante captar el cambio de masa y espesor de las placas ensayadas, para el cálculo de la tasa de corrosión.

Los resultados obtenidos por el método visual según la norma ASTM D 610 son los siguientes (**Tabla 4**, **Tabla 5**, **Tabla 6**):

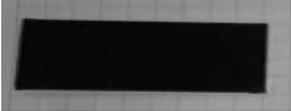
#### RECUBRIMIENTO A BASE DE SOLVENTE

Tabla 4: Resultados Grado de Oxidación según ASTM D 610, Recubrimiento a Base de Solvente

| Tiempo de exposición cámara de niebla salina | Limpieza Manual (Fotografía y Grado de corrosión)                                                                                         | Limpieza Mecánica (Fotografía y Grado de corrosión)                                                                                        | Limpieza Chorro Abrasivo (Fotografía y Grado de corrosión)                                                                                  |
|----------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 24 horas                                     | <br>No se presenta características visuales corrosivas   | <br>No se presenta características visuales corrosivas   | <br>No se presenta características visuales corrosivas   |
| 48 horas                                     | <br>No se presenta características visuales corrosivas  | <br>No se presenta características visuales corrosivas  | <br>No se presenta características visuales corrosivas  |
| 72 horas                                     | <br>No se presenta características visuales corrosivas | <br>No se presenta características visuales corrosivas | <br>No se presenta características visuales corrosivas |
| 96 horas                                     | <br>7 S                                                | <br>No se presenta características visuales corrosivas | <br>No se presenta características visuales corrosivas |
| 120 horas                                    | <br>7 S                                                | <br>7 S                                                | <br>7 S                                                |

## RECUBRIMIENTO A BASE DE RESINAS SINTÉTICAS

Tabla 5: Resultados Grado de Oxidación según ASTM D 610, Recubrimiento a Base de Resinas Sintéticas

| Tiempo de exposición cámara de niebla salina | Limpieza Manual (Fotografía y Grado de corrosión)                                                                                         | Limpieza Mecánica (Fotografía y Grado de corrosión)                                                                                        | Limpieza Chorro Abrasivo (Fotografía y Grado de corrosión)                                                                                  |
|----------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 24 horas                                     | <br>No se presenta características visuales corrosivas   | <br>No se presenta características visuales corrosivas   | <br>No se presenta características visuales corrosivas   |
| 48 horas                                     | <br>No se presenta características visuales corrosivas   | <br>No se presenta características visuales corrosivas   | <br>No se presenta características visuales corrosivas   |
| 72 horas                                     | <br>No se presenta características visuales corrosivas | <br>No se presenta características visuales corrosivas | <br>No se presenta características visuales corrosivas |
| 96 horas                                     | <br>6 S                                                | <br>7 S                                                 | <br>7 S                                                |
| 120 horas                                    | <br>6 S                                                | <br>7 S                                                 | <br>7 S                                                |

## RECUBRIMIENTO A BASE DE RESINAS SINTÉTICAS

Tabla 6: Resultados Grado de Oxidación según ASTM D 610, Epoxi con Cinc Activado

| Tiempo de exposición cámara de niebla salina | Limpieza Manual (Fotografía y Grado de corrosión)                                                                                       | Limpieza Mecánica (Fotografía y Grado de corrosión)                                                                                      | Limpieza Chorro Abrasivo (Fotografía y Grado de corrosión)                                                                                |
|----------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 24 horas                                     | <br>No se presenta características visuales corrosivas | <br>No se presenta características visuales corrosivas | <br>No se presenta características visuales corrosivas |
| 48 horas                                     | <br>5 S                                                | <br>8 S                                                | <br>No se presenta características visuales corrosivas |
| 72 horas                                     | <br>4 S                                              | <br>7 G                                               | <br>5 G                                              |
| 96 horas                                     | <br>4 S                                              | <br>4 G                                              | <br>4 G                                              |
| 120 horas                                    | <br>2 G                                              | <br>3 G                                              | <br>3 G                                              |

De los resultados obtenidos con anterioridad a las 120 horas de exposición a la niebla salina, se realiza la evaluación final del grado de corrosión. Todas las probetas mostraron signos de corrosión durante este período de exposición y se evaluaron según la norma ASTM D 610. Los registros indican que las probetas con mayor grado de corrosión se deterioraron cada vez más con el transcurso del tiempo.

El recubrimiento a base de solvente sufre el menor daño, mientras que el recubrimiento epoxi con cinc activado sufre el mayor daño. Sin embargo, el análisis del tipo de aplicación

del recubrimiento muestra que la pulverización es el método con la menor degradación. Sin embargo, el análisis del tipo de aplicación del recubrimiento muestra que la pulverización es el método con la menor degradación. Además, se ha demostrado que la limpieza manual causa el mayor deterioro del material debido a los altos niveles de corrosión.

Según la norma ASTM B 117 se calculó la tasa de corrosión, obteniéndose los siguientes resultados (**Tabla 7** **Tabla 8** **Tabla 9**):

Tabla 7: Tasa de Corrosión (mm/año) Recubrimiento a Base de Solvente

| Tiempo de Exposición | RECUBRIMIENTO A BASE DE SOLVENTE       |           |            |                                    |           |            |
|----------------------|----------------------------------------|-----------|------------|------------------------------------|-----------|------------|
|                      | MÉTODO DE APLICACIÓN POR PULVERIZACIÓN |           |            | MÉTODO DE APLICACIÓN POR CEPILLADO |           |            |
|                      | MANUAL                                 | CEPILLADO | SPONGE JET | MANUAL                             | CEPILLADO | SPONGE JET |
| 24 h                 | -                                      | -         | -          | -                                  | -         | -          |
| 48 h                 | -                                      | -         | -          | -                                  | -         | -          |
| 72 h                 | -                                      | -         | -          | 0,28                               | -         | -          |
| 96 h                 | -                                      | -         | -          | 0,24                               | 0,13      | -          |
| 120 h                | 0,10                                   | 0,10      | -          | 0,10                               | 0,13      | 0,10       |

Tabla 8: Tasa de Corrosión (mm/año) Recubrimiento de Resinas Sintéticas

| Tiempo de Exposición | RECUBRIMIENTO A BASE DE RESINAS SINTÉTICAS |           |            |                                    |           |            |
|----------------------|--------------------------------------------|-----------|------------|------------------------------------|-----------|------------|
|                      | MÉTODO DE APLICACIÓN POR PULVERIZACIÓN     |           |            | MÉTODO DE APLICACIÓN POR CEPILLADO |           |            |
|                      | MANUAL                                     | CEPILLADO | SPONGE JET | MANUAL                             | CEPILLADO | SPONGE JET |
| 24 h                 | -                                          | -         | -          | -                                  | -         | -          |
| 48 h                 | -                                          | -         | -          | -                                  | 0,26      | -          |
| 72 h                 | 0,18                                       | 0,18      | 0,18       | 0,17                               | 0,27      | -          |
| 96 h                 | 0,13                                       | 0,13      | 0,13       | 0,17                               | 0,13      | 0,09       |
| 120 h                | 0,15                                       | 0,15      | 0,10       | 0,13                               | 0,11      | 0,13       |

Tabla 9: Tasa de Corrosión (mm/año) Recubrimiento Epoxi con Cinc Activado

| Tiempo de Exposición | RECUBRIMIENTO EPOXI CON CINC ACTIVADO |           |            |                                        |           |            |
|----------------------|---------------------------------------|-----------|------------|----------------------------------------|-----------|------------|
|                      | MÉTODO DE APLICACIÓN POR CEPILLADO    |           |            | MÉTODO DE APLICACIÓN POR PULVERIZACIÓN |           |            |
|                      | MANUAL                                | CEPILLADO | SPONGE JET | MANUAL                                 | CEPILLADO | SPONGE JET |
| 24 h                 | 1,06                                  | -         | -          | 0,51                                   | 0,40      | -          |
| 48 h                 | 0,25                                  | -         | 0,28       | 0,26                                   | 0,27      | -          |
| 72 h                 | 0,20                                  | 0,16      | 0,23       | 0,24                                   | 0,28      | 0,28       |
| 96 h                 | 0,23                                  | 0,23      | 0,25       | 0,29                                   | 0,29      | 0,30       |
| 120 h                | 0,23                                  | 0,21      | 0,29       | 0,29                                   | 0,22      | 0,28       |

En las primeras 24 horas del ensayo de niebla salina, la mayoría de las probetas no muestran valores de tasa de corrosión porque el tiempo de exposición a la corrosión acelerada no es suficiente. Sin embargo, el recubrimiento epoxi con zinc activado reaccionó rápidamente a la niebla salina y es el único recubrimiento que muestra valores. Es importante señalar que los revestimientos utilizados en el método de limpieza por chorro abrasivo no muestran índices de corrosión.

Tras 48 horas de ensayo de corrosión en la cámara de niebla salina, la mayoría de las muestras muestran un índice de corrosión nulo. Sin embargo, los valores calculados corresponden al revestimiento epoxi con zinc activado, mientras que empiezan a aparecer signos de corrosión en el revestimiento a base de resina sintética. Es importante señalar que el revestimiento a base de solvente aún no ha experimentado corrosión en ninguna de sus combinaciones, ni por el método de aplicación ni por el método de limpieza previo al uso.

Trascurridas 72 horas de exposición en la mayoría de los casos, se encuentran valores de índice de corrosión. El recubrimiento a base de solvente no se corroe cuando se aplica por pulverización, y sólo ocurre en el caso del cepillado si antes se ha limpiado manualmente. En la mayoría de los casos, se observa que la aplicación por pulverización muestra valores más elevados que la aplicación manual o el cepillado. El método de limpieza por chorro abrasivo muestra la minoría de los datos, mientras que el método de limpieza inicial manual muestra la mayoría.

Aunque las muestras han estado en la cámara de niebla salina durante 96 horas, el recubrimiento con base de solvente no presenta valores registrados y se considera el mejor recubrimiento hasta el momento. Por otro lado, el recubrimiento epoxi con zinc activado presenta los valores más altos de índice de corrosión y se considera el recubrimiento menos adecuado para proteger el acero A-36 contra la corrosión. El método de limpieza inicial con chorro abrasivo registra los valores más bajos en lo que se refiere a métodos de limpieza inicial, mientras que el método manual registra los valores más altos.

Finalmente, a las 120 horas de la fase experimental se observaron los valores de la tasa de corrosión, siendo el recubrimiento con base de solvente el que registró los valores más bajos, y el recubrimiento epoxi con zinc activado el que registró los valores más altos. El método de aplicación manual o cepillado presenta el menor índice de corrosión, por lo que el material se degradará menos con este método. En cuanto a los métodos de limpieza inicial, el método por chorro abrasivo es la mejor opción porque sus índices de corrosión son inferiores a los de los demás métodos estudiados.

#### 4. Conclusiones

Se prepararon probetas de acero A-36 para aplicar recubrimientos anticorrosivos. El proceso involucró el corte de las probetas a las dimensiones deseadas, limpieza inicial, aplicación del recubrimiento lo antes posible tras la limpieza, e inspección para detectar grietas o rasgaduras. El método de preparación más idóneo fue el chorro abrasivo, con valores de tasa de corrosión entre 0 y 0.275 mm/año. El método manual resultó menos favorable, con valores entre 0.097 y 0.29 mm/año.

Se identificaron tres métodos efectivos de protección anticorrosiva para el acero ASTM-36: Chorreado abrasivo con pintura a base de solvente: Tras limpiar las probetas con chorro abrasivo, se aplicó una capa de pintura a base de solvente por pulverización. Este método logró una tasa de corrosión de cero tras 120 horas de exposición. Limpieza mecánica con recubrimiento de resinas sintéticas: Las probetas se limpiaron mecánicamente con una grata y se les aplicó un recubrimiento de resinas sintéticas mediante cepillado. Este método arrojó una tasa de corrosión de 0.106 tras 120 horas de exposición. Limpieza manual con pintura a base de solvente: La limpieza manual de las probetas con lija se combinó con la aplicación de pintura a base de solvente por pulverización. Este método resultó en una tasa de corrosión de 0.097 tras 120 horas de exposición.

El recubrimiento a base de solvente demostró ser el método más efectivo contra la corrosión, con una tasa de cero en el caso del recubrimiento a base de solvente y un máximo de 0.29 en el caso del recubrimiento epoxi con cinc activado. Además, la inspección visual reveló que este método también resultó en la menor superficie afectada, con un grado de 7.

El recubrimiento epoxi con cinc activado resultó ser el método menos favorable, con la tasa de corrosión más alta y un grado de oxidación de 2. Esto significa que entre el 16.0% y el 33.0% de su superficie presenta daños por corrosión.

Este estudio evaluó la tasa de corrosión del acero al carbono A-36 con diferentes combinaciones de recubrimientos, limpieza inicial y métodos de aplicación. El peor escenario se observó en el recubrimiento epoxi con cinc activado aplicado manualmente, con tasas de corrosión de 0.23 mm/año y 0.29 mm/año,

#### Referencias

- Arceo, D., Reyes, J., Galván, R., & Orozco, R. (2021). Protección anticorrosiva de un convertidor de óxido natural (*Mimosa tenuiflora*) aplicado sobre productos de corrosión de un acero AISI 1018. *Nova Scientia*, 13(27). <https://doi.org/10.21640/ns.v13i27.3021>

- ASTM B117 Standard Practice for Operating Salt Spray (Fog) Apparatus 1. (2011).  
<https://doi.org/10.1520/B0117-11>
- ASTM-D610: Standard Test Method for Evaluating Degree of Rusting on Painted Steel Surfaces. (2016). ASTM International.
- ASTM-G1-03-2017-e1: Standard Practice for Preparing, Cleaning, and Evaluating Corrosion Test Specimens. (2017).
- Baboian, R. (2006). Corrosion Books: Corrosion Tests and Standards - Application and Interpretation. *Materials and Corrosion*, 57(12), 958–958.  
<https://doi.org/10.1002/maco.200690120>
- Chiriboga, C., Maldonado, J., & Chiriboga, B. (2022). Influencia de la corrosión en varillas de acero de refuerzo, y sus efectos en la resistencia estructural de edificaciones. *MQRInvestigar*, 6(4), 396–419.  
<https://doi.org/10.56048/mqr20225.6.4.2022.396-419>
- Correa, E., Botero, C., Restrepo, A., & Delgado, J. (2008). Corrosión del Acero al Carbono, Acero Galvanizado y Aluminio en Diferentes Atmósferas Colombianas. *Scientia et Technical*, 36(ISSN 0122-1701), 7–12.  
<https://www.redalyc.org/pdf/849/84903603.pdf>
- Jiménez, M. & Navarrete, M. (2018). Perfil ecuatoriano de las empresas metalmeccánicas. *Revista Científica, Dominio de Las Ciencias*, 4, 585–602.  
<https://doi.org/10.23857/dom.cien.pocaip.2017.4.1.enero.585-602>
- Mao, L., Zhu, H., Chen, L., Zhou, H., Yuan, G., & Song, C. (2020). Enhancement of corrosion resistance and biocompatibility of Mg-Nd-Zn-Zr alloy achieved with phosphate coating for vascular stent application. *Journal of Materials Research and Technology*, 9(3), 6409–6419. <https://doi.org/10.1016/j.jmrt.2020.04.024>
- NACE International. (2001). Petroleum and natural gas industries: materials for use in H<sub>2</sub>S-containing environments in oil and gas production. NACE.
- Oliveira, J. D., Rocha, R. C., & Galdino, A. G. D. S. (2019). Effect of Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> particles on the adhesion, wear, and corrosion performance of epoxy coatings for protection of umbilical cables accessories for subsea oil and gas production systems. *Journal of Materials Research and Technology*, 8(2), 1729–1736.  
<https://doi.org/10.1016/j.jmrt.2018.10.016>
- Pierre R. Pierre. (2000). *Handbook of corrosion engineering*. McGraw-Hill.
- Rodríguez, J. F., Rodríguez, E., Suárez, L. F., Velasco, K. T., Ramos, C., & Malagón, E. (2020). Eficiencia de un inhibidor verde extraído de la cáscara de la sandía en la corrosión del acero estructural A36 evaluado en medios ácido y salino. *Revista ION*, 33(1).  
<https://doi.org/10.18273/revion.v33n1-2020003>
- Viganò, F., Cristiani, C., & Annoni, M. (2017). Ceramic sponge Abrasive Waterjet (AWJ) precision cutting through a temporary filling procedure. *Journal of Manufacturing Processes*, 28, 41–49.  
<https://doi.org/10.1016/j.jmapro.2017.05.014>
- Yépez Ambar. (2017). Estudio de Recubrimientos Anticorrosivos Aplicados Sobre Acero A-36 y su Incidencia en la Tasa de Corrosión Utilizando la Cámara de Niebla Salina. Universidad Técnica de Ambato.

### Contribución de los autores (CRediT)

Conceptualización, Análisis formal de datos, Investigación, Metodología, Recursos materiales, Redacción-borrador original, Redacción-revisión y edición: A.Y.I., L.P.P., C.N.P., M.D.S. Todos los autores han leído y aceptado la versión publicada del manuscrito.

### Conflicto de intereses

Los autores han declarado que no existe conflicto de intereses en esta obra.





Derechos de autor 2024. Revista Científica FINIBUS - ISSN: 2737-6451.

Esta obra está bajo una licencia: Internacional Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0