



Evaluación de la corrosión del acero galvanizado en la ciudad de Jauja, Junín - Perú

Evaluation of the corrosion of galvanized steel in the city of Jauja, Junín - Peru

Gerrerros, Manuel¹; Rupay, Felipe¹; Gerrerros, José L.¹

¹Facultad de Ingeniería Metalúrgica y de Materiales,
Universidad Nacional del Centro del Perú (UNCP),
Ciudad Universitaria, Huancayo, Perú

Cómo referenciar:

Gerrerros, M.; Rupay, F.; Gerrerros, J. L. (2022). Evaluación de la corrosión del acero galvanizado en la ciudad de Jauja, Junín - Perú. *Prospectiva Universitaria*, 19(1), 64-68.

Resumen

Es importante conocer el tiempo de vida útil de las planchas de acero galvanizado muy utilizados por la población y la industria de la ciudad de Jauja. El acero galvanizado ha permitido que el ser humano lo utilice como material de construcción de calaminas para techos de vivienda, logrando de esta manera mantener y adoptar su calidad de vida. Por esta razón, es necesario conocer la resistencia a la corrosión de tal material en las condiciones actuales del lugar de residencia, de este conocimiento se podrán establecer alternativas que contrarresten los efectos negativos de corrosión a este tipo de materiales. En el presente estudio de evaluación de la corrosión del acero galvanizado en planchas de 0.21 mm estándar, se evalúa la cinética de corrosión por el método gravimétrico con siete muestras de planchas de acero galvanizado de 5 pulgadas por una pulgada, las que fueron expuestas al medio ambiente de la ciudad de Jauja, registrándose la pérdida de peso de cada muestra en intervalos de tiempo que duro de ocho a 60 días, con los resultados obtenidos se procede al modelamiento de la evaluación de la cinética de corrosión utilizando el método numérico del polinomio interpolante de LAGRANGE y graficarlo en un sistema de ejes coordenados para observar el tiempo de vida útil de la protección del galvanizado que es de 50 días y observando también que la protección del galvanizado llega a su fin entre el día 50 al 60, a partir del día 70 se inicia una corrosión acelerada del acero.

Palabras clave: cinética de corrosión, acero galvanizado.

Palabras clave: cinética de corrosión, acero galvanizado.

Abstract

It is important to know the useful life of the galvanized steel plates widely used by the population and industry of the city of Jauja. Galvanized steel has allowed humans to use it as a construction material for roofing roofs, thus maintaining and adopting their quality of life. For this reason, it is necessary to know the corrosion resistance of such a material in the current conditions of the place of residence, from this knowledge it will be possible to establish alternatives that counteract the negative effects of corrosion to this type of material. In the present study of the evaluation of the corrosion of galvanized steel in standard 0.21 mm plates, the kinetics of corrosion are evaluated by the gravimetric method with seven samples of galvanized steel plates of 5 inches by one inch, which were exposed to the environment of the city of Jauja, recording the weight loss of each sample in time intervals that lasted from eight to 60 days. With the results obtained, we proceed

to model the evaluation of the corrosion kinetics using the numerical method of the LAGRANGE interpolating polynomial and plot it in a system of coordinate axes to observe the useful life of the protection of the galvanizing which is 50 days and also observing that the protection of the galvanizing reaches its end between day 50 to 60, From day 70.

Keywords: corrosion kinetics, galvanized steel.

1 Introducción

La provincia de Jauja es una de las nueve provincias que conforman la región Junín con una población aproximada de 83000 habitantes, un alto porcentaje de la población utiliza las calaminas de acero galvanizado para para cubrir sus viviendas, así como también la industria metal mecánica utiliza planchas de acero galvanizado para la construcción de puertas ventanas chimeneas etc. Observándose que en corto tiempo estas construcciones son afectados por la corrosión atmosférica a la que están expuestas, de ahí la importancia de hacer una evaluación de la corrosión del acero galvanizado en la provincia de Jauja, para que basados en los resultados de esta investigación se pueda tomar las medidas necesarias para proteger a los aceros de la corrosión y aumentar la vida útil de las construcciones. La corrosión es definida como el deterioro de un material metálico a consecuencia de un ataque electroquímico por su entorno. Siempre que la corrosión esté originada por una reacción química (oxidación), la velocidad a la que tiene lugar dependerá en alguna medida de la temperatura, la salinidad del fluido en contacto con el metal y las propiedades de los metales en cuestión. La velocidad corrosión de los metales está fuertemente influida por el ambiente que los rodea. Dentro del término "ambiente" se incluyen las condiciones físicas y químicas del medio en que se encuentra el metal. Todos los ambientes son corrosivos en mayor o menor grado; existen muchos factores que pueden afectar la velocidad de corrosión. La corrosión atmosférica es la causa más frecuente de la destrucción de metales y aleaciones. El cálculo de la velocidad de corrosión se realiza por dos métodos: el método gravimétrico, el método de las pendientes de Tafel y el método de polarización lineal (En el presente estudio solo se utilizó el primero de ellos).

2 Materiales y Métodos

Se utilizó galvanizado de espesor 0,21 mm (estándar), con recubierta 160 g/m² de zinc (99% min) según norma técnica ASTM 36 con las que se preparó las probetas para el estudio; balanza analítica Ohaus 310g/0.001g, Vernier digital 150 mm x 0.01 mm.

El estudio se realizó en tres etapas, la primera consistió en registrar el peso de las probetas, así como el cálculo del área de exposición al medio corrosivo y colocarlas en lugares estratégicos de la provincia de Jauja, teniendo en cuenta las condiciones atmosféricas del lugar.

La segunda etapa consistió en evaluar la pérdida de peso de las probetas en distintos periodos de tiempo de exposición al medio corrosivo y establecer la relación (Δ peso/ Δ área) que indica la velocidad de corrosión a través del tiempo de exposición al medio corrosivo.

La tercera etapa consistió en modelar los resultados obtenidos con el método numérico del polinomio interpolante de LAGRANGE, la gráfica del polinomio en un sistema de ejes cartesianos permitió observar la durabilidad de la protección galvánica al acero, expuesto a las condiciones atmosféricas de la provincia de Jauja.

2.1 Preparación de la muestra

Para la preparación de las probetas de estudio, se cortó la plancha de acero galvanizado ASTM 36 en 7 láminas de 1 pulgadas de ancho por 5 pulgadas de largo aproximadamente registrando para cada probeta el peso inicial, el área de exposición y el espesor, los resultados se muestran en la tabla 1

Tabla 1*Características de las Probetas*

ID	Peso inicial ^a	Ancho ^b	Largo ^b	Espesor ^b	Área Inicial ^c
1	6.904	0.994	5.018	0.063	4.987
2	7.081	0.996	5.146	0.063	5.126
3	7.220	0.999	5.248	0.063	5.241
4	6.715	0.980	4.880	0.063	4.784
5	6.846	0.993	4.976	0.063	4.939
6	6.774	0.988	4.923	0.063	4.862
7	6.617	0.971	4.809	0.063	4.668

^aEn gramos (*g*), ^ben pulgadas (*plg*), ^cen pulgadas cuadradas (*plg*²).

2.2 Ubicación de la Muestra

Las muestras o probetas preparadas fueron ubicadas en lugares estratégicos teniendo en cuenta los parámetros de temperatura y humedad relativa del lugar.

Tabla 2*Ubicación de las Probetas*

ID	Fecha	Hora	T (°C)	%HR	Observación
0	12/06/2022	5:00 p. m.	15	72	Se colocaron las muestras, clima nublado.
1	20/06/2022	5:30 p. m.	14	26	Se recogió la placa, día con precipitaciones mínimas, cielo nublado.
2	29/06/2022	6:00 p. m.	16	34	Se recogió la placa, día nublado.
3	6/07/2022	5:10 p. m.	15	72	Se recogió la placa, día con precipitación mínima, cielo claro.
4	15/07/2022	5:20 p. m.	14	26	Se recogió la placa, día soleado.
5	23/07/2022	5:10 p. m.	16	34	Se recogió la placa, día nublado.
6	2/08/2022	7:00 p. m.	15	72	Se recogió la placa, día nublado.
7	11/08/2022	5:30 p. m.	14	26	Se recogió la placa, día nublado

Establecida las condiciones se procede a colocar las muestras; luego, para determinar la durabilidad de la protección del acero galvanizado y medir la velocidad de corrosión, las muestras o probetas fueron analizadas a intervalos de tiempo que va desde los 8 días hasta 60 días tal como se observa en la figura 1.

Figura 1*Probetas antes y Después de la Exposición*

3 Resultados

3.1 Resultados Después de la Exposición

Las muestras o probetas fueron evaluadas a intervalos de tiempo establecido para el estudio, la evaluación consistió en registrar el peso de las muestras a los 8, 18, 24, 33, 41, 51 y 60 días, y determinar el decremento del peso y del área oxidada, los resultados obtenidos de cada una de las siete pruebas se muestran en la tabla 3

Tabla 3*Resultados de las Pruebas*

ID	Tiempo ^a	Peso ^b		Área ^c		Variación Δ		Δ Peso/ Δ Área
		Inicial	Final	Inicial	Final	Peso	Área	
1	8	6.9035	6.9036	4.9874	4.9658	0.0001	0.0216	0.0046
2	17	7.0807	7.0809	5.1257	5.1105	0.0002	0.0152	0.1320
3	24	7.2200	7.2208	5.2412	5.2138	0.0008	0.0274	0.0292
4	33	6.7148	6.7170	4.7842	4.7049	0.0022	0.0793	0.0277
5	41	6.8463	6.8487	4.9386	4.8447	0.0024	0.0939	0.0256
6	51	6.7736	6.7786	4.8620	4.7486	0.0050	0.1134	0.0441
7	60	6.6172	6.6246	4.6675	4.5763	0.0074	0.0912	0.0811

^aEn días, ^ben gramos (*g*), ^cen pulgadas cuadradas (*plg*²).

3.2 Modelación Matemática

Para modelar la cinética de corrosión del hierro galvanizado en la ciudad de Jauja a partir de los resultados de los ensayos por gravimetría de la cinética de corrosión, se utilizó el método numérico del polinomio interpolante de LAGRANGE, con el propósito de obtener un polinomio cuya grafica pase por los puntos coordenados de las pruebas de gravimetría obtenidos en el laboratorio, no es conveniente una gráfica que aproxime a los puntos coordenados, debido a que los resultados de los ensayos por gravimetría de la cinética de corrosión presentan valores con variaciones muy pequeñas, el polinomio interpolante de LAGRANGE nos permite un modelamiento de la cinética de corrosión con la que podemos distinguir a través del tiempo la resistencia a la corrosión del hierro galvanizado y notar el momento en que acaba la protección del galvanizado y empieza la corrosión con mayor rapidez, de los resultados de la tabla 3 se tiene:

Tabla 4
Modelización de la Cinética de Corrosión

ID	Tiempo ^a	Peso ^b		Área ^c		Variación Δ		Δ Peso/ Δ Área
		Inicial	Final	Inicial	Final	Peso	Área	
1	8	6.9035	6.9036	4.9874	4.9658	0.0001	0.0216	0.0046
2	17	7.0807	7.0809	5.1257	5.1105	0.0002	0.0152	0.1320
3	24	7.2200	7.2208	5.2412	5.2138	0.0008	0.0274	0.0292
4	33	6.7148	6.7170	4.7842	4.7049	0.0022	0.0793	0.0277
5	41	6.8463	6.8487	4.9386	4.8447	0.0024	0.0939	0.0256
6	51	6.7736	6.7786	4.8620	4.7486	0.0050	0.1134	0.0441
7	60	6.6172	6.6246	4.6675	4.5763	0.0074	0.0912	0.0811

$$P_n(x) = \sum_{i=0}^{n-1} f(x_i) \cdot L_i(x) \quad (1)$$

$$L_i(x) = \prod_{i=0, j \neq i} \frac{x - x_j}{x_i - x_j} \quad (2)$$

Donde $i = 0, 1, 2, \dots, (n - 1)$; $j = 0, 1, 2, \dots, (n - 1)$ y $n = 7$

Para el proceso iterativo del modelo matemático de LAGRANGE se desarrolló un programa en MATLAB, el cual se muestra en la figura 2.

Figura 2
Programa en MATLAB

```
function POLINOMIOS
% INTERPOLACION "POLINOMIO DE LAGRANGE"
clc,clear
xi=input('Ingrese los puntos pertenecientes
a las x: ');
yi=input('Ingrese los puntos pertenecientes
a las y: ');
n=length(xi);
x=sym('x');
for j=1:n
    producto=1;
    for i=1:j-1
        producto=producto*(x-xi(i));
    end
    producto2=1;
    for i=j+1:n
        producto2=producto2*(x-xi(i));
    end
    producto3=1;
    for i=1:j-1
        producto3=producto3*(xi(j)-xi(i));
    end
    producto4=1;
    for i=j+1:n
        producto4=producto4*(xi(j)-xi(i));
    end
    L(j)=(producto*producto2)/(producto3*product
o4);
    fprintf('\n L%d:\n',j-1)
    disp(L(j))
end
pn=0;
```

3.3 Determinación del Polinomio Interpolante de LAGRANGE

Según el método numérico de LAGRANGE el polinomio interpolante está definido mediante la ecuación 1, la cual da como resultado lo siguiente:

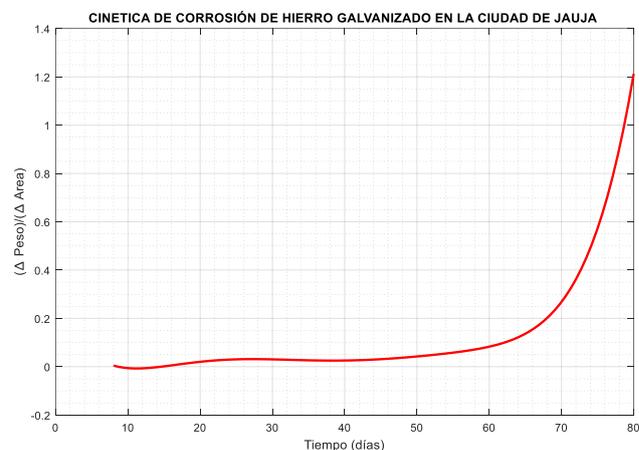
$$P_6(x) = 3.07996 \times 10^{-10} \cdot x^6 - 7.04253 \times 10^{-8} \cdot x^5 + 6.39715 \times 10^{-6} \cdot x^4 - 2.89509 \times 10^{-4} \cdot x^3 + 6.70772 \times 10^{-3} \cdot x^2 - 7.20143 \times 10^{-2} \cdot x + 0.275671$$

Este polinomio de LAGRANGE representa la modelación matemática con método numérico de la cinética de corrosión de acero galvanizado en la provincia de Jauja - Región Junín - Perú.

3.4 Representación gráfica de la cinética de corrosión

La grafica del polinomio interpolante de LAGRANGE en un sistema de ejes cartesianos Tiempo (Δ días) vs (Δ /área) representa la cinética de la corrosión del acero galvanizado ASTM 36.

Figura 3
Cinética de Corrosión



4 Discusión

El resultado experimental de las pruebas debía ser modelado con una función matemática para graficar e interpretar el comportamiento de la corrosión del acero galvanizado, para este modelamiento pudo ser aplicando la regresión lineal de mínimos cuadrados, pero el resultado implica una aproximación a los puntos coordenados

producto de las pruebas experimentales, la cual no tiene aceptación debido a que los resultados de las pruebas de corrosión presentan variaciones muy pequeñas y estimarlas con mínimos cuadrados ocasiona amplio margen de error, por tal motivo se utilizó métodos numéricos para modelar los resultados de tal manera que el polinomio obtenido marca exactamente el resultado de las pruebas experimentales, minimizando el margen de error, existen varios métodos numéricos para el modelamiento, para el presente estudio se utilizó el polinomio interpolante de LAGRANGE, por el proceso iterativo que garantiza el resultado buscado.

El proceso de galvanizado que consiste en recubrir el acero y el hierro por una capa de zinc que lo protege de la corrosión atmosférica, es decir la resistencia a la corrosión del hierro galvanizado en la ciudad de Jauja es de aproximadamente 50 días.

La plancha de hierro galvanizado utilizado para la experimentación de la cinética de corrosión tiene una recubierta de 160 g/m² de zinc se-

gún la norma técnica ASTM 36, se puede observar en la gráfica de la cinética de corrosión que del día 50 al día 60 la protección de la capa de zinc llega a su fin, iniciándose la corrosión acelerada del hierro. A partir del día 70 la corrosión del hierro es acelerada sin protección alguna, dependiendo de las condiciones atmosféricas el tiempo de destrucción total del hierro.

5 Conclusiones

Las planchas de acero galvanizado empleado en la industria metal mecánica tiene un recubrimiento de zinc de 160 g/m² según la norma técnica ASTM, para darle mayor protección y prolongar la vida útil del acero galvanizado en la provincia de Jauja - Region Junín, se debe incrementar el recubrimiento del galvanizado, se recomienda hacer el estudio en tuberías de acero galvanizado para transporte de agua potable que en muchos casos presentan deformaciones por la formación de costras de carbonatos que están presentes en el agua.