

Evaluación de Corrosividad Atmosférica en la Ciudad de Tuxpan Veracruz, mediante el método CLIMAT

Ernesto Gallardo, Aurora Galicia, Gabriela Lugo, Juan Pérez y Miguel Rosas

E. Gallardo, A. Galicia, G. Lugo, J. Pérez y M. Rosas.
Facultad de Ciencias Químicas, Universidad Veracruzana, Campus Poza Rica Tuxpan. Av. Venustiano Carranza S/N,
col. Revolución, CP: 93390.
ecastan2008@hotmail.com

M. Ramos., V.Aguilera., (eds.) .Ciencias de la Ingeniería y Tecnología, Handbook -©ECORFAN- Valle de Santiago,
Guanajuato, 2014.

Abstract

The classification of the different types of atmospheres through corrosivity indexes is important for the selection of metallic materials and coatings exposed to atmospheric corrosion. Faculty of Chemical Sciences in collaboration with the Institute of Engineering of the Universidad Veracruzana has developed a project for the construction of the Corrosivity Map of the State of Veracruz. Among the activities of the project is the evaluation of the indexes of atmospheric corrosivity in the city of Tuxpan Veracruz, due to the industrial, urban activities and to be located in a coastal area, characteristics that influence the corrosion of metallic materials exposed to the atmosphere. A exposition panel was installed with specimens of aluminum wire on steel screws, copper screws and plastic screws to study corrosivity indexes through mass loss in every season of year, and thus classify the different types of atmospheres; marine, industrial and rural-urban according to the values specified in the standard. The studies were conducted under the ISO 8408, 9223 and 9224 normative. Corrosivity indexes obtained indicate a domain of rural-urban atmosphere product of excessive urban activities in the region. Expected to detect high levels of marine atmosphere by the presence of chlorides and particles resulting City location front of coast. However, corrosivity indexes for marine atmosphere are within the limit allowed by the normative.

2 Introducción

La corrosión suele definirse como un proceso inverso a la metalurgia extractiva y/o fenómeno electroquímico presente en los materiales metálicos. La corrosión de metales expuestos a la atmósfera se lleva a cabo por la presencia de humedad en el aire. Los factores como la contaminación del aire proveniente del sector industrial, cloruros, partículas, las condiciones climáticas de humedad y temperatura, hacen que la atmósfera se vuelva corrosiva en diferentes grados de intensidad. Lo anterior afecta a los materiales metálicos, los cuales se van deteriorando gradualmente, ocasionando daños a las estructuras, accidentes humanos, daños ambientales y principalmente un grave impacto económico (Genescá, 1995).

En Tuxpan Ver., las condiciones ambientales de la región favorecen la corrosión atmosférica, pudiéndose implementar programas de prevención y protección en materiales metálicos, equipos de proceso e instalaciones, industriales y portuarias, diseñándose posibles equipos de acuerdo a las condiciones ambientales prevalecientes. Por lo anterior, la evaluación de la corrosividad atmosférica tiene especial relevancia para la región, debido al impacto económico que genera en sus diferentes sectores (industrial, portuario, naval y turístico principalmente).

La exposición a la atmósfera de alambres de aluminio (grado comercial) sobre tornillos ha sido ampliamente utilizada para determinar la agresividad del ambiente sobre el par galvánico y así evaluar la agresividad de los distintos tipos de atmósferas, de acuerdo a la metodología CLIMAT (Classification of Industrial and Marine Atmospheres, en castellano ensayo "alambrillo sobre tornillo") (Mariaca y Genescá, 1999). El ensayo "alambrillo sobre tornillo" al favorecer la acumulación de líquidos corrosivos en los resquicios y tener alta relación superficie/masa del alambre, acelera su corrosión, siendo por tanto una herramienta muy valiosa en lo referente a la corrosión galvánica, dentro de la corrosión metálica atmosférica (Genescá, 1992).

La corrosión galvánica experimentada por el alambre se calcula por diferencia entre las pérdidas de peso de los alambres enrollados sobre el tornillo metálico y sobre el plástico.

El funcionamiento del par galvánico depende, entre otros factores, de la atmósfera donde se encuentre actuando. Estudios anteriores realizados por Doyle y Godard (1969) han indicado que la probeta Al-Fe es muy sensible a la atmósfera marina y poco a la industrial, mientras que la probeta Al-Cu es sensible a ambos tipos de atmósfera. De esta manera, los tipos de atmósfera se suelen clasificar en marina, industrial y rural-urbana.

2.1 Materiales y métodos

Montaje de muestras de alambre sobre tornillo y análisis de muestras. Se instaló un rack para tornillos con la finalidad de determinar índices de corrosividad marina, industrial, rural y urbana, a través de muestras de alambre de aluminio sobre tornillo (ensayo CLIMAT), el sistema se expuso a la agresividad atmosférica en la azotea del edificio de la Facultad de Ciencias Biológico-Agropecuarias, en Tuxpan, Ver., a principios de marzo de 2012, evaluando las probetas en cada estación climática durante un año.

Al final de cada estación climática, se realiza una limpieza química en el laboratorio para hacer la diferencia de masa inicial (antes de la exposición) respecto a la masa final (después de la exposición a la atmósfera). La corrosión galvánica experimentada por el alambre sobre el tornillo se calcula a través de la ecuación 2.1 (Correa, 2007). Donde IC es el índice de corrosividad:

$$IC = \frac{\text{Pérdida de masa}}{\text{Masa inicial}} * 100 \quad (2)$$

La metodología de instalación y limpieza química de los tornillos se ejecuto bajo las normas ISO 8408, 9223 y 9224. La simbología para la identificación de los índices de corrosividad se encuentra en la norma ISO 9223 como:

Identificación		Clasificación de la corrosión
		Baja
		Permitida
		Alta

Tipo de Atmósfera	Par galvánico	Índice de Corrosividad Atmosférica
Industrial	Al-Cu	0.15 – 1.8
Rural-Urbano	Al-Plástico	1.0 – 2.0
Marina	Al-Fe	0.4 – 9.0

2.2 Resultados y discusión

A continuación se presentan los resultados de evaluar la agresividad de la atmósfera industrial (tabla 1), marina (tabla 2) y rural-urbana (tabla 3) de la ciudad de Tuxpan a través de los índices de corrosividad de acuerdo a lo establecido en los ensayos CLIMAT.

Tabla 2 Índices de corrosividad para la atmósfera industrial, alambre de Al sobre tornillo de Cu.

Estación	Masa inicial (mg)	Masa final (mg)	Pérdida de masa (mg)	Índice de Corrosividad IC (%)
Primavera	5,444.6	5,428.2	16.4	0.3012
Verano	5,473.4	5,458.7	14.7	0.2685
Otoño	5,464.7	5,440.6	24.1	0.4410
Invierno	5,444.9	5,408.3	36.6	0.6721

Los índices de corrosividad para la atmósfera industrial se encuentran dentro de los niveles permitidos, en las cuatro estaciones del año (tabla 1).

Tabla 2.1 Índices de corrosividad para la atmósfera Rural-Urbano, alambre de Al sobre tornillo de plástico

Estación	Masa inicial (mg)	Masa final (mg)	Pérdida de masa (mg)	Índice de Corrosividad IC (%)
Primavera	5,464.4	5,400.0	64.4	1.1785
Verano	5,410.9	5,404.0	6.9	0.1275
Otoño	5,357.9	5,242.7	115.2	2.1500
Invierno	5,3131	5,310.9	2.2	0.0414

El índice de corrosividad del aluminio en una atmósfera urbano-rural es superior al nivel establecido en la norma en la estación de Primavera, la estación de Otoño se encuentra dentro del nivel permitido; siendo las estaciones de Verano e Invierno las que se encuentran por debajo del nivel mínimo especificado en la normatividad.

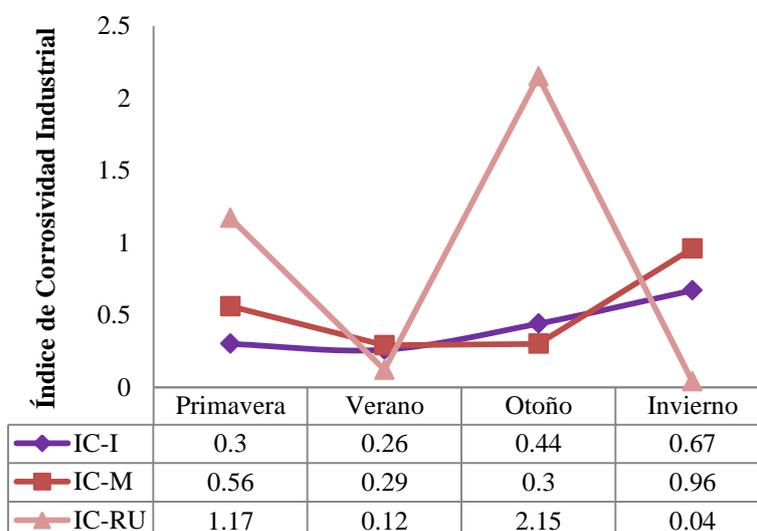
Tabla 2.2 Índices de corrosividad para la atmósfera marina, alambre de Al sobre tornillo de Fe

Estación	Masa inicial (mg)	Masa final (mg)	Pérdida de masa (mg)	Índice de Corrosividad IC (%)
Primavera	5,439.4	5,408.7	30.7	0.5644
Verano	5,414.0	5,398.1	15.9	0.2936
Otoño	5,449.9	4,433.4	16.5	0.3027
Invierno	5,3760	5,216.6	159.4	2.9650

Para las estaciones de Primavera e Invierno el índice de corrosividad se encuentra dentro del estándar, mientras que para las estaciones de Verano y Otoño éstos valores de encuentran por debajo del nivel establecido en la normatividad.

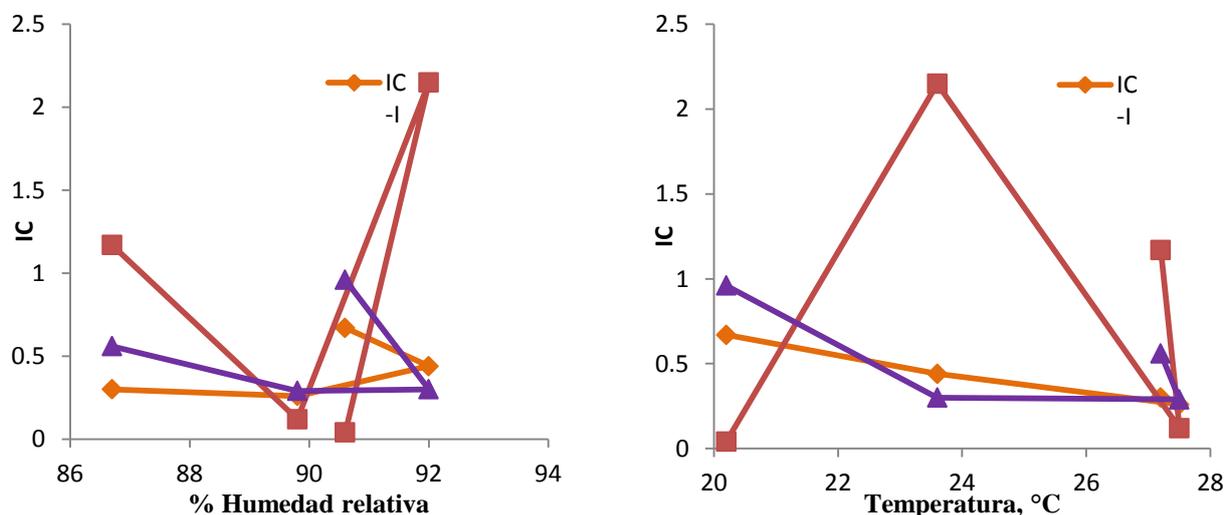
En la figura se presentan los índices de corrosividad encontrados para la atmosfera marina (IC-M), industrial (IC-I) y la rural-urbana (IC-RU). Los ensayos "alambre sobre tornillo (CLIMAT)" favorecen la acumulación de humedad y agentes agresivos (cloruros, compuestos SO_x, CO_x, NO_x partículas suspendidas), acelerando la corrosión de los pares galvánicos.

Figura 2 Índices de corrosividad para los diferentes tipos de atmósferas



En la figura se grafican los índices de corrosividad frente a la humedad relativa y a la temperatura, parámetros que en presencia de contaminantes y partículas suspendidas incrementan la agresividad de la atmósfera; se correlaciona para los 3 materiales con variables atmosféricas medidas en los sitios de muestreo (temperatura y humedad relativa).

Figura 2.1 Índices de corrosividad vs humedad relativa y temperatura



2.3 Discusion

En este trabajo de investigación se estudiaron los índices de corrosividad atmosférica en la ciudad de Tuxpan Veracruz. Con los resultados de la evaluación de los índices de corrosividad se detectó que los índices de corrosividad para la atmósfera industrial se encuentran dentro de los límites permitidos de la norma. Sin embargo, en la estación de otoño e invierno se incrementan (tabla 1), posiblemente a la elevada humedad producto de las lloviznas y el rocío constantes en estas estaciones del año (Ramírez, 2009 y Lugo, 2011).

Lo que provoca que los agentes agresivos como el azufre emitido a la atmósfera producto de la actividad urbana y las termoeléctricas de la ciudad incrementen la corrosión sobre el par galvánico alambre de aluminio sobre tornillo de cobre. Es importante mencionar el impacto que tienen las partículas suspendidas en el incremento de la corrosión así como la influencia de los vientos marinos encargados de transportar contaminantes (cloruros y azufre producto de la emisión de plataformas petroleras ubicadas en las costas de la ciudad de Tuxpan).

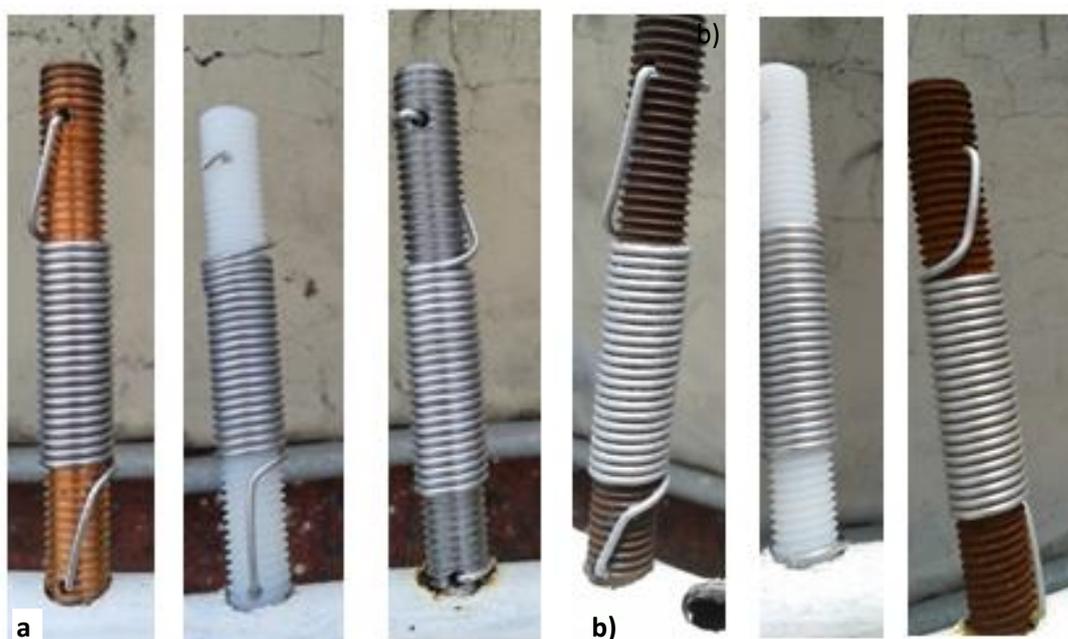
Los índices para una atmósfera rural y urbana, registraron un incremento considerable en las estaciones de primavera e invierno (tabla 2) principalmente, excediendo los límites permitidos por la norma en primavera, por lo que se confirma que la región de Tuxpan tiene condiciones de una atmósfera rural-urbano agresiva con influencia de la atmósfera marina que afectan considerablemente la corrosión de los materiales expuestos a la atmósfera. El monitoreo de los índices de corrosividad atmosférica en la ciudad de Tuxpan, indican que las condiciones climáticas y el efecto de los parámetros contaminantes como los cloruros y azufre influyen sobre las condiciones agresivas de la atmósfera de la ciudad siendo más excesivos en las estaciones de verano y primavera.

El hierro se alea con demás elementos para mejorar sus propiedades obteniendo así el acero al carbono que es un material ampliamente utilizado en la industria, ante la agresividad atmosférica forma productos de corrosión solubles como el $(\text{Fe}(\text{OH})_2)$ y (FeCl_2) (Genescá, 1995).

El aluminio es un material ampliamente utilizado y muy activo, sin embargo, en presencia de oxígeno forma una película de óxido de aluminio muy protectora conocida como alúmina (Al_2O_3) (Mariaca, 1999). Los agentes agresivos como los cloruros suelen romper la película protectora del aluminio propiciando corrosión localizada. A pesar de que los índices de corrosividad se encuentren dentro de los límites permitidos, Tuxpan tiene una atmósfera marina muy agresiva debido a la ubicación de la ciudad junto a la costa que le provoca una elevada concentración de iones cloruros muy agresivos para la mayoría de los materiales. Los índices de corrosividad para la atmósfera marina (AM) se incrementan considerablemente en las estaciones de invierno y primavera (tabla 3), lo cual se puede atribuir a la temporada de nortes que son un medio de transporte de gran cantidad de cloruros provenientes de las costas del Golfo de México.

En la figura se puede observar la corrosión que sufren los tornillos expuestos para la evaluación de los índices de corrosividad. Siendo más dominante la corrosión galvánica en el par Al-Fe y en el Al-Cu, en ambos casos el alambre de aluminio se comporta como ánodo, mientras que los tornillos tienen un comportamiento catódico.

Figura 2.2 Probetas de alambre sobre tornillo antes a) y después b) de su exposición a la atmósfera agresiva de Tuxpan.



2.4 Conclusiones

Los resultados obtenidos respecto a los índices de corrosividad y el monitoreo de la humedad relativa y temperatura indican que en la ciudad de Tuxpan predomina una atmósfera rural urbana, producto de actividades urbanas excesivas y petroleras de la región, así como la atmósfera marina, procedente de las costas del Golfo de México y considerada la más agresiva de todas las atmósferas por efecto de los cloruros hacia los materiales metálicos expuestos.

La alta humedad relativa y la baja precipitación pluvial en invierno y primavera y los contaminantes atmosféricos, determinan que los índices de corrosividad en la ciudad de Tuxpan sean muy altos, principalmente para el par galvánico conformado por el alambre de aluminio sobre el tornillo de plástico en las estaciones de primavera y otoño sobrepasando el límite establecido en la norma.

Los resultados demuestran la necesidad de aplicar métodos de prevención para disminuir los daños causados por la corrosión atmosférica y adoptar una logística en programas de mantenimiento preventivo en las estaciones de secas y temporada de nortes y además utilizar sistemas de recubrimientos anticorrosivos de alta resistividad como los basados en polvos de zinc para contrarrestar los daños causados por la corrosión atmosférica a la infraestructura metálica de la ciudad de Tuxpan.

Agradecimientos

A los evaluadores de Fortalecimientos de Cuerpos Académicos a nivel Secretaria de Educación Pública por haber decidido un dictamen favorable al proyecto “Corrosividad Atmosférica en la Región Norte del Estado de Veracruz”, así como a la Facultad de Ciencias Químicas y al Instituto de Ingeniería de la Universidad Veracruzana por el apoyo recibido para la realización de actividades del proyecto.

Referencias

Genescá J., et al. (1995). Más allá de la herrumbre III, 21, FCE, México. D.F.

Morcillo M., et al. (1999) “Mapa Iberoamericano de Corrosividad Atmosférica”, Proyecto MICAT, XV.1/CYTED, Madrid, España..

Mariaca L. y Genescá J., et al. (1999) “Corrosividad atmosférica”, Proyecto MICAT, D.F., México.

Ramírez R. y Uruchurtu J. (2009). “Mapa de Corrosividad Atmosférica del Estado de Veracruz”, Proyecto 29101 Informe Final, DGI Universidad Veracruzana.

Lugo I., Ramírez R., et al. (2011). ECS Transactions, volumen 36, 129.

Correa B., et al. (2007). “Corrosión del acero al carbono, acero galvanizado y aluminio en diferentes atmósferas Colombianas” Revista: Scientia Et Technica. Volumen XIII, 036, pp.7-12. Colombia.

Genescá, J. y Rodriguez C. (1992). Calibración de la agresividad de la atmosfera del suroeste de la ciudad de México. Rev. Int. Contam. Ambient. 8 (2), 81-90, 1992.

Doyle D.P. y Godard H.P. (1969). Rapid determination of corrosivity of an atmosphere to aluminium. Proceedings of the Third International Congress on Metallic Corrosion. MIR Publishers, Moscú, Vol. 4, pp. 429-437.