

IMPORTANCIA DEL ESTUDIO DE LA CORROSIÓN ATMOSFÉRICA

Jaime A. Rocha

Docente investigador IIMETMAT
Universidad Mayor de San Andrés

RESUMEN

En el presente artículo, se resalta la importancia de caracterizar las atmósferas mediante estaciones que aportan mucha información útil al momento de efectuar una selección o desarrollo de materiales.

Por otra parte, se reportan los resultados obtenidos en la caracterización de la estación de La Paz, y se describen brevemente los objetivos que se persiguen con la instalación de las Estaciones La Paz II y Santa Cruz, en forma conjunta entre el IIMETMAT de la UMSA, y la fábrica de pinturas MONOPOL – Ltda.

1. ANTECEDENTES

Desde 1995 el IIMETMAT – UMSA, ha prestado especial interés a la corrosión atmosférica, debido a la participación en la RED XV – D – Protección Anticorrosiva de Metales en la Atmósfera (PATINA), del Programa Iberoamericano de Investigación para el desarrollo (CYTED), y a la necesidad de iniciar la investigación de éste problema para ofrecer soluciones correctas a la sociedad [8, 11].

Es muy difícil el establecer en nuestro país, el impacto económico de la corrosión en general y de la corrosión atmosférica en particular, debido a que no se cuenta con centros de información que ofrezcan datos sobre el tema. Sin embargo, a simple vista es posible observar sus efectos sobre estructuras, ductos y otros materiales metálicos que por la necesidad de su uso, deben sufrir las consecuencias del ataque ambiental [11].

2. INTRODUCCIÓN

La atmósfera de una determinada región, es el primer medio al que son sometidos todos los materiales, así su destino final sea para trabajar en ambientes más o menos corrosivos.

El conocimiento adecuado del comportamiento de una atmósfera puede facilitar la selección de materiales, adopción de sistemas de protección u otro tipo de medidas para evitar o paliar la corrosión, por lo que un estudio adecuado de la calidad atmosférica en todas las regiones de interés, puede contribuir en gran manera al logro de este objetivo.

3. CARACTERIZACIÓN DE LA MUESTRA

En la caracterización de una atmósfera, se deben tomar en cuenta dos aspectos importantes [1, 4, 9, 10, 11]:

- Clima
- Polución

Ambos efectos actúan permanentemente y en forma conjunta, originando la corrosión atmosférica, por lo que es necesario su conocimiento.

3.1 CLIMA

El clima depende de varios factores como ser [1, 2, 3, 11]:

- Temperatura
- Humedad relativa
- Precipitaciones
- Vientos
- Radiación solar
- Heliofanía

En base a los tres primeros principalmente, existen varias clasificaciones con metodología propia, recurriéndose a promedios anuales, estacionales o mensuales, siendo las más conocidas las siguientes:

- Clasificación de Martonne
- Clasificación de Lang
- Clasificación de Penek
- Clasificación de Köppen
- Clasificación de la ISO 2810

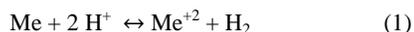
De las anteriores, la más frecuentemente utilizada es la de Köppen, que en base a promedios de temperatura y precipitación entre estaciones extremas, establece la clasificación de un clima determinado asignándole una letra y un subíndice. Los resultados de la clasificación de Köppen a nivel mundial, se reportan en mapas mundiales, que se constituyen en referencia obligada cuando se habla del clima.

La clasificación que se incluye en los anexos de la Norma ISO 2810 [2], se basa en promedios de temperatura y precipitación, estableciéndose varios tipos. Su uso no está muy difundido y preferencialmente se utiliza la clasificación de Köppen.

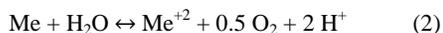
La consecuencia más importante de los factores climáticos y que se relaciona directamente con la corrosión, es el TIEMPO DE HUMIDIFICACIÓN (TDH) [1, 2, 3, 7, 9], definido como el tiempo en horas durante el año o fracción de tiempo en un año que la superficie de un material en estudio o en uso en medios exteriores, se encuentra húmeda.

La importancia de conocer el TDH, radica en que por el carácter electroquímico de las reacciones de corrosión, éstas se desarrollarán mientras la superficie del material expuesto presente una capa líquida adyacente de acuerdo a [1, 10, 11]:

En medio muy ácido



En medios neutro o básico



Mediante la determinación del TDH, de acuerdo a normas ISO [4, 7, 9, 11], es posible ubicar a un lugar o región de acuerdo a las horas de humidificación totales por año en cinco posibles categorías (T1: 0 – 10, T2: 10 – 250, T3: 250 – 2,500, T4: 2,500 – 5,500 y T5: mayor a 5,500).

La determinación del TDH puede ser efectuada por dos caminos:

- Determinación por medición de la conductividad mediante equipos que registren el tiempo en que una capa líquida interactúa con la superficie. Es el método más exacto, ya que los detectores se instalan en el lugar de interés y no existen variaciones debido a cálculos u otros.
- Estimación mediante datos de temperatura y humedad relativa, consiste de acuerdo a las normas ISO, en calcular a partir de gráficas de registro continuo de humedad relativa (HR) y temperatura (T), el número de horas en las que la HR se mantiene igual o superior al 80% simultáneamente la T superior a 0 °C. La principal desventaja es, como se dijo anteriormente, que se trata de una estimación y su precisión estará muy relacionada con el número de datos diarios de HR y T que se dispongan, y la distancia entre el punto de determinación y el de interés.

Algunos de los otros factores a ser considerados en casos particulares son los siguientes [9, 11]:

- La velocidad y dirección de los vientos, desde el punto de vista de la corrosión atmosférica influye principalmente en el valor de TDH, por lo general no se considera en forma determinante y sólo se menciona como un dato adicional, a menos que su alta velocidad pueda inducir, por ejemplo, la presentación de corrosión erosiva.
- La radiación solar y heliofanía no son tomadas en cuenta en la corrosión atmosférica de metales, pero por el contrario, juegan un papel importante en la degradación de polímeros (base de pinturas), que se utilizan como protección de metales contra la corrosión.

3.2 POLUCIÓN

La polución, es otro de los aspectos importantes a ser considerados en la corrosión atmosférica, porque su acción modifica las características de la capa líquida depositada sobre las superficies expuestas y la composición de los productos de corrosión. En condiciones de muy alta temperatura y grado de concentración de poluentes, podrá originarse un ataque directo (corrosión química), aún sin existir la capa líquida [9, 10, 11].

Dentro de los poluentes más comunes, se pueden mencionar:

- CO, CO₂- Estos compuestos modifican el pH de las lluvias y de la capa líquida adyacente facilitando la corrosión, e inclusive de acuerdo a muchos autores, la obtención de productos de corrosión como ser los

óxidos, pasan por una formación de carbonatos y bicarbonatos.

- SO_2 , SO_3 .- Los compuestos sulfurosos también actúan modificando el pH y dando lugar a la formación principalmente de sulfatos ya sean solubles o insolubles, dependiendo del sustrato metálico; en general, a una mayor concentración las tasas de corrosión se incrementan. De acuerdo a las normas ISO, el grado de polución por SO_2 , se puede clasificar en cuatro categorías, de acuerdo a la velocidad de deposición en $\text{mg/m}^2\cdot\text{d}$ (P0: 0 – 10, P1: 10 – 35, P2: 35 – 80 y P3: 80 – 200).
- Cloruros.- Los cloruros actúan también inicialmente sobre las características del electrolito y pueden dar lugar a especies solubles o insolubles dependiendo del sustrato. También incrementa en general la velocidad de corrosión y puede originar la presentación de picaduras en sustratos con tendencia a la pasivación. De acuerdo a las normas ISO, el grado de polución con cloruros puede clasificarse en cuatro categorías de velocidad de deposición en $\text{mg/m}^2\cdot\text{d}$ (P0: 0 – 3, P1: 3 – 60, P2: 60 – 300 y P3: 300 – 1,500).
- Otros contaminantes.- la existencia de gases altamente corrosivos al margen de los antes mencionados o en concentraciones inusuales, generalmente es de ocurrencia local y particular, debido a la cercanía de fluentes específicas como ser fábricas, laboratorios u otros. Por lo tanto, se deben seleccionar adecuadamente las tecnologías de determinación y reportar los resultados junto a las velocidades de corrosión de probetas metálicas estándar. Dentro de esta categoría, podría mencionarse también a las partículas sólidas en suspensión, las que podrían ocasionar efectos erosivos y químicos dependiendo de sus características y nivel de concentración.

4. SELECCIÓN Y/O DESARROLLO DE MATERIALES ANTICORROSIVOS

La existencia de estaciones caracterizadas, facilita la selección y desarrollo de materiales, y a continuación, pasamos a describir brevemente cada uno de estos aspectos.

4.1 SELECCIÓN DE MATERIALES

En la actualidad, existen varios materiales que ya han sido investigados en diferentes atmósferas, así que es posible recurrir a ésta información y seleccionar el material que mejor respuesta hubiese tenido en una atmósfera similar a la de interés.

Por otra parte, es posible recurrir en el caso de pinturas a documentos como las normas ISO [5], donde se recomiendan los esquemas que podrían tener mejor respuesta en las diferentes calidades atmosféricas.

4.2 DESARROLLO

La existencia de una estación caracterizada [8, 9], facilita la experimentación y posterior comparación de resultados con otros similares o desarrollados para el mismo uso. Por otra parte, es posible discriminar el efecto de cada factor al efectuar las experiencias en diferentes atmósferas.

Finalmente, lo desarrollado en una estación caracterizada deja de ser un producto para un ambiente específico gracias a que dentro de los límites permisibles, es posible de ser recomendado para otras atmósferas que tengan los parámetros ambientales y de corrosión muy similares. Adicionalmente, es posible correlacionar datos con resultados obtenidos por ensayos acelerados, mejorando las posibilidades de experimentación.

5. EXPERIENCIA DESARROLLADA EN BOLIVIA

La experiencia sobre el tema en nuestro país, se reduce a la estación La Paz [11], ya caracterizada, y las estaciones La Paz II y Santa Cruz, en proceso de instalación y caracterización.

5.1 ESTACIÓN LA PAZ

En la ciudad de La Paz, producto de la participación en la red XV – D Protección Anticorrosiva de Metales en la Atmósfera (PATINA), del Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo (CYTED) [8, 11], el IIMETMAT (Instituto de Investigaciones en Metalurgia y Materiales de la UMSA), dispone de una instalación para la evaluación de la corrosión atmosférica ya caracterizada, de modo que se conoce la influencia de los factores antes mencionados y es posible ensayar materiales, recubrimientos metálicos, pinturas, etc., para evaluar su resistencia a la corrosión y efectuar las recomendaciones necesarias tanto a fabricantes como compradores.

El proceso de caracterización se inició en febrero de 1996, procediéndose a la determinación de contaminantes, recolección de datos de clima (proporcionados por el SENAMHI) y evaluación de la corrosión de metales desnudos, concluyendo todo el proceso en septiembre de 1999. Paralelamente se efectuó la evaluación de recubrimientos sobre acero de la red PATINA del CYTED.

En base a los resultados y análisis posterior de éstos y la información existente [1, 7, 10, 11, 12], se llegó a las siguientes conclusiones:

- La Estación La Paz, instalada en la terraza de la Facultad de Ingeniería de la UMSA, luego de tres años de estudio se estableció que tiene las siguientes características promedio:

Clima: templado húmedo con invierno seco, Cw de acuerdo a la clasificación Köppen [6, 12].

TDH: 0.194 fracción anual, T3 de acuerdo a la norma ISO 9223 [4].

Deposición de SO₂: 2.32 (mg/m².d), P0 de acuerdo a la norma ISO 9223 [4].

Deposición de cloruros: 6.6 (mg/m².d), S1 de acuerdo a la norma ISO 9223 [4].

Temperatura anual: 12.2 °C.

Humedad relativa anual: 50%.

Precipitación anual: 531.8 mm

VELOCIDADES DE CORROSIÓN PARA EL 1^{er} AÑO DE EXPOSICIÓN

Acero: 1.72 (µm/A), C2 de acuerdo a la norma ISO 9223 [4].

Aluminio: 0.179 (g/A), C2 de acuerdo a la norma ISO 9223 [4].

Zinc: 0.224 (µm/A), C2 de acuerdo a la norma ISO 9223 [4].

Cobre: 0.212 (µm/A), C2 de acuerdo a la norma ISO 9223 [4].

De acuerdo a estos valores la Estación de La Paz tendrá un ambiente semihúmedo, de tipo rural con tendencia a marina y con baja corrosividad de metales desnudos.

- Durante los tres años de exposición los metales desnudos formaron productos de corrosión que tienden a disminuir la velocidad de corrosión, a excepción del cobre que presentó un incremento creciente, esta situación es la que originó la presentación de valores de n en la ecuación para la estimación de la velocidad de corrosión en función al tiempo ($C = C_0 * t^n$) de 0.358, 0.158, 0.627 y 1.101 para el acero, aluminio, zinc y cobre, respectivamente.
- La corrosión observada en los metales desnudos sería preponderantemente producto de la humidificación de la superficie de las probetas. Sin embargo, la presencia de contaminantes habría influido en la composición del film de líquido depositado sobre las probetas, habiendo sido muy notorio en el caso del cobre donde inclusive no se descarta la formación de compuestos diferentes a los dos óxidos reconocidos, que por su baja concentración no afectan al aspecto superficial, y sólo es detectable al efectuar un análisis comparativo de las velocidades de corrosión.
- Se verificó la hipótesis inicialmente planteada en base a los resultados obtenidos, ya que las características medioambientales en La Paz son propicias para la presentación de un efecto corrosivo de la atmósfera de la ciudad sobre materiales metálicos.
- De los datos mensuales sobre radiación solar y heliofanía para los años 85 a 90, proporcionadas por el Instituto de Investigaciones Físicas de la UMSA (IIF – UMSA) [11], se pudieron calcular los promedios anuales siguientes:

Radiación solar: 719.59 (KJ/cm²), (total anual).

Heliofanía: 2,472.17 (horas de sol por año)

- Adicionalmente, de la publicación del Observatorio de San Calixto [12], se obtuvieron los siguientes datos complementarios:

Localización: 62° 14' S; 58° 40' O.

Altura: 3,658 m.s.n.m.

Velocidad del viento: 4.32 (km/h) (S.E.)

- Finalmente, se concluye que la información obtenida facilita la selección de materiales a ser utilizados en el medioambiente de la ciudad de La Paz.

5.2 ESTACIONES LA PAZ II Y SANTA CRUZ

La Fábrica de Pinturas MONOPOL Ltda., instalada en el país y especializada en recubrimientos anticorrosivos orgánicos (pinturas), con el propósito de evaluar esquemas de pinturas, ha identificado la necesidad de contar con estaciones atmosféricas en las ciudades de La Paz y Santa Cruz, y complementar los resultados obtenidos por ensayos acelerados (Ej. cámara salina), que si bien brindan valiosos datos, no dan la información directa sobre la resistencia de estos productos en el ambiente que son utilizados. Por otra parte, es necesario conocer las condiciones a las que los productos deberán someterse.

Por las consideraciones anteriores, se está trabajando actualmente en la puesta en marcha de un proyecto conjunto entre el IIMETMAT y MONOPOL Ltda., para instalar y caracterizar dos estaciones, una de control adicional a la ya existente en la terraza de la Facultad de Ingeniería de la UMSA en La Paz, y otra en la ciudad de Santa Cruz con el fin de evaluar esquemas de pinturas.

6. CONCLUSIONES

Las conclusiones más importantes del trabajo desarrollado hasta ahora son las siguientes:

- Se disponen de las facilidades y los conocimientos suficientes para caracterizar las atmósferas del país.
- Para el caso de la ciudad de La Paz, fruto del proyecto “Estación PATINA para la Evaluación de la Corrosión Atmosférica”, se dispone de la información suficiente para efectuar la selección de materiales (de base o para protección) aptos para estas condiciones; adicionalmente, es posible utilizar la estación para evaluar otros de reciente desarrollo, y/o finalmente comparar resultados con los obtenidos en otras atmósferas.
- Con los resultados obtenidos, se ha logrado motivar a algunas industrias como el caso de MONOPOL Ltda., para instalar estaciones en zonas o regiones de interés comercial o industrial.

REFERENCIAS Y BIBLIOGRAFÍA

1. Almeida E. y Ferreyra M. “Corrosión atmosférica, de Portugal”. Editado por INETI, Lisboa – Portugal, 1998.

2. ISO 2810, Paint and Varnishes – Notes for Guidance on the Conduct of Natural Weathering Tests.
3. ISO 4542/81, Revêtements métalliques et autres revêtements non organiques – Directives Générales pour les essais de corrosion statique en milieu extérieur.
4. ISO 9223, Corrosion and Metals and Alloys – Corrosivity of Atmospheres. Classification.
5. ISO 12944 – (I-8), Paint and Varnishes – Corrosion protection of steel structures by protective paint systems.
6. Jansa J. Ma., “Curso de climatología”, Instituto Nacional de Meteorología, Madrid - España, 1969.
7. Morcillo M., “Estimación del Tiempo de Humectación a partir de Datos de Temperatura y Humedad Relativa” Doc. MICAT A-18. 1992.
8. Morcillo M., “Protección Anticorrosiva de Metales en la Atmósfera”, Doc. Red Temática XV – D PATINA – 3. 1995.
9. Morcillo M., Almeida E., Rosales, B., Uruchurto, J., y Marrocos M., “Corrosión y Protección de Metales en las Atmósferas de Ibero – América, Parte I., MICAT”, gráficas Salué S. A., Madrid – España, 1999.
10. Panossian, Z., “Corrosao e Protecao Contra Corrosao en Equipamentos e Estruturas Metalicas”. Volumen II, 1ra. Edicao. I.P.T. Electropaulo. Sao Paulo – Brasil, 1993.
11. Rocha, J., “Estación PATINA para la Evaluación de la Corrosión Atmosférica”, Informe final. IIMET-MAT – UMSA, La Paz, abril 2000.