

## **Corrosión de acero AISI 1018 en aguas amargas colectadas de la industria del petróleo: efecto de la temperatura**

Esparza Zúñiga E. M.<sup>1</sup>, Veloz Rodríguez M. A.<sup>1,\* $\gamma$</sup> , Uruchurtu Chavarín J.<sup>2</sup>, \*,  
Reyes Cruz V. E.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Área Académica de Ciencias de la Tierra y Materiales. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. Carr. Pachuca Tulancingo Km 4.5, Col. Carboneras, Mineral de la Reforma, Hgo.

<sup>2</sup> Centro de Investigación en Ingeniería y Ciencias Aplicadas. Universidad Autónoma del Estado de Morelos. Av. Universidad 1001, Col. Chamilpa, Cuernavaca, Mor.

\* Asesores

$\gamma$ e-mail: [mveloz@uaeh.reduaeh.mx](mailto:mveloz@uaeh.reduaeh.mx)

Categoría: Posgrado

En este trabajo, se presentan los resultados obtenidos de la evaluación electroquímica de un sistema de acero al carbono AISI 1018, sumergido en una muestra de agua amarga colectada en la industria del petróleo, variando la temperatura, entre 25 y 50°C, sin agitación y agitando a 500—rpm. Los resultados de las curvas de polarización muestran que la reacción de oxidación no es muy sensible al cambio de temperatura, contrario a la reacción de reducción, asimismo, las imágenes de microscopia muestran la ausencia de productos de corrosión para los sistemas sin agitación. De manera contraria, los resultados derivados de variar la temperatura agitando el sistema, en las curvas de polarización indican que la reacción de oxidación es más sensible al cambio de temperatura, las imágenes de Microscopia Electrónica de Barrido (SEM), muestran la presencia de productos de corrosión de estructuras diferentes. Estos resultados muestran que la variación en la temperatura puede causar cambios en la estructura de los productos de corrosión y con ello el daño al material expuesto también varía.

### **1. Introducción**

Dentro de los problemas de corrosión, que se presentan en la refinación del petróleo, uno de los principales es el relacionado con los medios amargos generados en las torres de destilación de las plantas primarias. Los estudios que se han hecho tratando de apearse a las condiciones de operación en las que se tienen medios amargos [1-10] han aumentado en los últimos 10 años, en que las características de los crudos obtenidos han cambiado para dar como resultado ambientes corrosivos mucho más agresivos que antes.

En cuanto al material, el acero al carbono AISI 1018 es ampliamente utilizado como un material de construcción en muchas industrias debido a sus excelentes propiedades mecánicas y bajo costo [11], por lo que la evaluación del mismo puede aportar mucha información útil al campo del control de la corrosión en la industria. Por otro lado el agua amarga es un agua residual con contenido de sulfuros y cloruros, entre otros componentes; este tipo de aguas resulta muy dañino para los equipos metálicos que se encuentran en contacto con ella,

produciendo velocidades de corrosión muy importantes y que llevan a fallas o desgaste del material [12].

Un factor importante que interviene en el proceso de corrosión es la temperatura, ya que por ejemplo la velocidad de corrosión incrementa con el incremento de la temperatura, para el electrolito soporte, es decir el medio corrosivo [13]. Sin embargo, esto no ocurre en todos los sistemas, por ejemplo en el caso del acero AISI tipo 304 SS [14], a altas temperaturas se tiene un incremento en la velocidad de corrosión; pero, a medianas temperaturas tiene similares velocidades de corrosión y a bajas o moderadas temperaturas, se encuentra en un estado pasivo seguido de una región transpasiva. Asimismo, en estudios anteriores se observó con el método de polarización anódica, un pequeño rango de pasividad a altas temperaturas y por lo tanto una película pasiva inestable.

En este trabajo se presentan los resultados del estudio realizado a temperaturas entre 25 y 50°C, en un sistema de acero al carbono AISI 1018 en presencia de un agua amarga proveniente de la planta primaria AFA-4 en la Refinería “Miguel Hidalgo” de Tula, Hgo, sin agitación y agitando a 500—rpm.

## **2. Materiales y Métodos**

Se utiliza una celda típica de tres electrodos con el acero al carbono AISI 1018 como electrodo de trabajo, una barra de grafito como contraelectrodo y finalmente un electrodo de calomel saturado como referencia. Dichos electrodos fueron sumergidos en una muestra de agua amarga proveniente de la industria del petróleo a 25, 30, 35, 40, 45 y 50°C sin y con agitación. En los sistemas con agitación se utilizó un electrodo de disco rotario a una velocidad de 500—rpm. Se trazaron curvas de Polarización con una velocidad de barrido de 1 mV/s, en el intervalo de potenciales de  $E_{\text{corr}} \pm 300$  mV, en la solución a dichas temperaturas, con un tiempo de inmersión de 10 minutos, previo a cada experimento. El equipo utilizado fue un potencióstato-galvanostato Autolab Mod. PGSTAT 30 con el software proporcionado por la misma compañía. Posteriormente las muestras obtenidas en cada experimento, tanto de oxidación (anódico) como de reducción (catódico), y el acero al carbono AISI 1018 que no estuvo expuesto al medio corrosivo, se analizaron en el Microscopio Electrónico de Barrido (MEB).

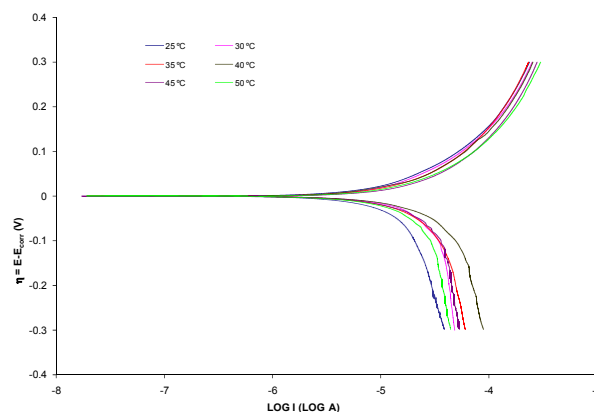
## **3. Resultados y Discusión**

### **Efecto de temperatura sin agitación:**

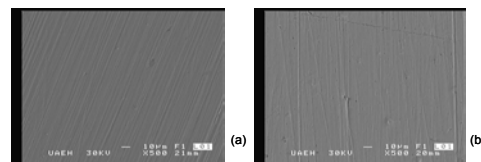
En la figura 1 se presentan las curvas de polarización obtenidas para el sistema a diferentes temperaturas. En ella, se observa que para las temperaturas de 25 a 40°C, las corrientes anódicas son muy similares, pero en cuanto la temperatura aumenta a 45 y 50°C, se tiene el

efecto de aumento en las corrientes anódicas, ya que éstas son mayores que para el resto de las temperaturas. Las imágenes obtenidas por MEB muestran la ausencia de productos de corrosión (figura 2).

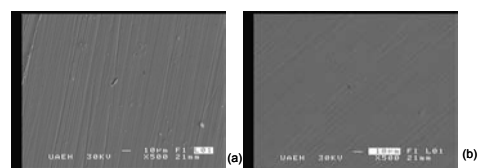
Por otro lado, la rama catódica es más sensible al cambio de temperaturas (figura 1), en el intervalo de 25 a 40°C, las corrientes de reducción van en aumento, conforme aumenta la temperatura, mientras que con las temperaturas de 45 y 50°C, se muestra una disminución e incluso un aumento en la pendiente respecto a lo que ocurre a 35°C. Al igual que en el barrido anódico, las imágenes de MEB en el barrido catódico (figura 3), no muestran la formación de productos de corrosión.



**Figura 1. Curvas de polarización obtenidas para un sistema de acero al carbono AISI 1018 sumergido en una muestra de agua amarga proveniente de la industria del petróleo a diferentes temperaturas.**



**Figura 2: Superficie resultante de la exposición del acero al carbono AISI 1018 a una temperatura de 40°C (a) y 50°C (b), en el medio amargo realizando un barrido anódico.**

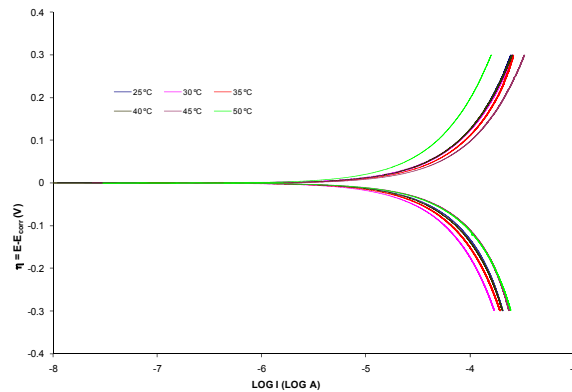


**Figura 3: Superficie resultante de la exposición del acero al carbono AISI 1018 a una temperatura de 30°C (a) y 35°C (b), en el medio amargo realizando un barrido catódico.**

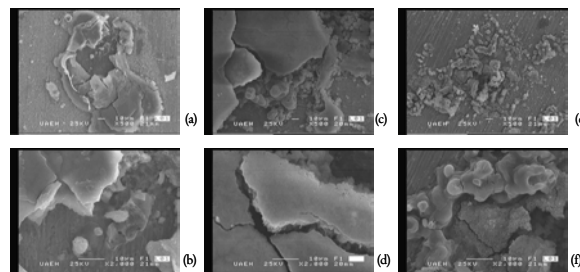
#### **Efecto de temperatura agitando a 500—rpm:**

En la figura 4 se presentan las curvas de polarización obtenidas para el sistema con agitación a diferentes temperaturas. En ella, se observa que para las temperaturas de 25 a 40°C, las corrientes anódicas son muy similares entre sí; este comportamiento se observa también para el mismo intervalo de temperaturas cuando el sistema no se está agitando, pero en cuanto la temperatura aumenta a 45°C, se tiene un efecto de aumento en la corriente anódica, sin

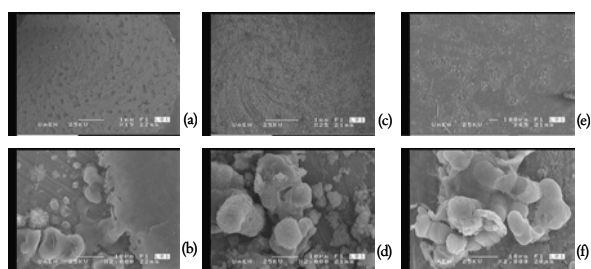
embargo ocurre lo contrario cuando la temperatura es de 50°C, ya que la corriente anódica disminuye considerablemente, siendo menor que para el resto de las temperaturas.



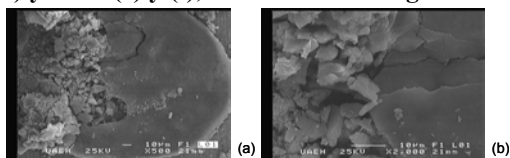
**Figura 4. Curvas de polarización obtenidas para un sistema de acero al carbono AISI 1018 con 500 rpm, sumergido en una muestra de agua amarga a diferentes temperaturas.** Las imágenes obtenidas por MEB (figura 5) muestran la presencia de una capa compacta con pequeñas zonas de rompimiento y formación de nuevos productos de corrosión, que pueden ser responsables de que las corrientes anódicas sean muy similares, para los sistemas de 25 a 40°C, sin embargo en el caso del sistema a 50°C, se observa que se forman varias capas de productos de corrosión porosos probablemente no conductores, lo que originaría que la corriente de oxidación sea menor que para el resto de las temperaturas.



**Figura 5: Superficie resultante de la exposición del acero al carbono AISI 1018 a una temperatura de 25°C (a) y (b), 30°C (c) y (d) y 50°C (e) y (f), en el medio amargo realizando un barrido anódico.** De la misma manera, la rama catódica tampoco es muy sensible al cambio de temperaturas entre 25 y 40°C (figura 4), ya que las corrientes de reducción son muy similares, incluso para las temperaturas de 45 y 50°C. No obstante estas últimas presentan corrientes ligeramente más grandes que a 25 y 40 °C, siendo la temperatura de 30°C la que presenta las menores corrientes de reducción. Por otro lado, cuando no se agita la solución las corrientes de reducción son más sensibles al cambio de temperatura. Lo anterior se puede explicar con la formación de productos de corrosión protectores que se observan en las imágenes del MEB (figura 6) a 25, 35 y 40°C, al igual que en 45° y 50°C; sin embargo en estos últimos sistemas la cantidad de productos de corrosión protectores disminuye. Por otro lado, a 30°C (figura 7) se observa una capa porosa de productos de corrosión, que puede ser la responsable de que las corrientes de reducción sean menores para este sistema.



**Figura 6: Superficie resultante de la exposición del acero al carbono AISI 1018 a una temperatura de 25°C (a) y (b), 35°C (c) y (d) y 45°C (e) y (f), en el medio amargo realizando un barrido catódico.**



**Figura 7: Superficie resultante de la exposición del acero al carbono AISI 1018 a una temperatura de 30°C (a) y (b), en el medio amargo realizando un barrido catódico.**

#### 4. Conclusiones

Los sistemas variando la temperatura sin agitación, no muestran la presencia de productos de corrosión; y las temperaturas donde se observan cambios en el comportamiento están en 30 y 45°C. En contraparte, los sistemas con agitación a 500—rpm, indican que la variación en la temperatura de operación puede ocasionar modificación de la estructura de los productos de corrosión y por lo tanto del daño que presente el material expuesto. Asimismo, las temperaturas donde se observan cambios en el comportamiento están en 30 y 50°C. Esto implica que los equipos que tienen cambios de temperatura podrían verse afectados de manera irreversible, debido a los productos de corrosión que se forman.

#### 5. Agradecimientos

Los autores agradecen a SEP-CONACyT por el proyecto de Ciencia Básica 023889 y al Programa del Mejoramiento del Profesorado (PROMEP), por el financiamiento del proyecto UAEHGO-PTC-293. Al M.C. Juan Hernández Ávila por su apoyo en el MEB. Estella Esparza agradece la beca CONACyT para sus estudios de Doctorado.

#### 6. Referencias

- [1] Veloz, M. A. and I. González, *Electrochim. Acta* 48 (2002) 135.
- [2] Foroulis, Z. A., *Corros. Prev. Control* 40 (1993) 84.
- [3] Yan, L. J., L. Niu, H. C. Lin, W. T. Wu and S. Z. Liu, *Corros. Sci.* 41(1999) 2303.
- [4] Cheng, X. L., H. Y. Ma, J. P. Zhang, X. Chen, S. H. Chen and H. Q. Yang, *Corrosion* 54 (1998) 369.
- [5] Vedage, H., T. A. Ramanarayanan, J. D. Mumford and S. N. Smith, *Corrosion* 49 (1993) 114.
- [6] Queaishi, M. A. and R. Sardar, *Corrosion* 58 (2002) 748.
- [7] Li, X., L. Tang, L. Li, G. Mu and G. Liu, *Corros. Sci.* 48 (2006) 308.
- [8] Lo, I-H., Y. Fu, Ch-J Lin and W-T Tsai, *Corros. Sci.* 48 (2006) 696.
- [9] Hoffmeister, H., *Corrosion* 64 (2008) 483.
- [10] Chen, Y. Y., Y. M. Liou and H. C. Shih, *Mat. Sci. Eng. A-Struct.* (2005) 114.
- [11] Abdallah, M., E. A. Helal and A. S. Fouda, *Corros. Sci.* 48 (2006) 1639
- [12] Kraus, R., "Oil and natural gas". Chemical industries.
- [13] Stoyanova, A. E., E. I. Sokolova and S. N. Raicheva, *Corros. Sci.* 39 (1997) 1595.
- [14] Girija, S., U. Kamachi, H. S. Khatac and B. Raj, *Corros. Sci.* 49 (2007) 4051.