



EFFECTO DE LA VELOCIDAD DE FLUJO EN LA CORROSIÓN DE ACERO AL CARBONO EN PRESENCIA DE HIDROCARBURO

Luis Daimir López León, María Aurora Veloz Rodríguez y Víctor Esteban Reyes Cruz

Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Carr. Pachuca Tulancingo Km 4.5, Mineral de la reforma, Hgo. C.P. 42184

RESUMEN

En este trabajo se hace el estudio electroquímico de un sistema de velocidad de flujo continuo sobre acero al carbono AISI1018 inmerso en un medio corrosivo sintético, en ausencia y presencia de hidrocarburo. En las curvas de polarización, muestra que el aumento del tiempo de inmersión afecta tanto la parte anódica como la catódica, mostrando que las corrientes obtenidas son mayores conforme el tiempo de exposición se incrementa para los sistemas en estudio, cabe mencionar que la presencia de hidrocarburo en el sistema aumenta las corrientes en comparación al sistema en ausencia de hidrocarburo. La técnica de Impedancia, muestra que el acero posee gran actividad siendo más notable en frecuencias bajas y en presencia de hidrocarburo, ya que el espectro muestra un semicírculo achatado, con bajos valores de impedancia y un bucle inductivo en presencia de hidrocarburo. Esto establece que la interacción de los iones presentes en la solución con el metal, se ve favorecida con la presencia del hidrocarburo.

ABSTRACT

In this work the study of electrochemical system flow rate continuous on carbon steel AISI1018 immersed in a synthetic corrosive medium, in the absence and presence of hydrocarbon. Polarization curves, shows that the increase of immersion time affects both the Anodic part as the cathodic, showing that currents obtained are higher as the exposure time increases for systems in study, it is worth mentioning that the presence of hydrocarbon in the system increases currents in comparison to the system in the absence of hydrocarbon. The technique of impedance shows that steel has great activity being most notable in lower frequencies and in the presence of hydrocarbon, since the spectrum shows a flattened semi-circle, with low values of impedance and an inductive loop in the presence of hydrocarbon. This establishes the interaction of ions present in the solution with metal, favored the presence of hydrocarbon.

INTRODUCCIÓN

La evaluación de la resistencia a la corrosión de materiales metálicos, por sí solos o en presencia de diferentes compuestos en ambientes de refinación, es un tema importante sobre todo en últimas fechas, donde se busca la optimización en la operación de las plantas de proceso y darle mayor vida útil de los equipos utilizados en dichas plantas (J.K. Heuer *et al.*).

La gran variedad de ambientes corrosivos y el escaso conocimiento de los mecanismos de corrosión en la industria del petróleo, provocó que se iniciara el estudio desde la estandarización de ambientes corrosivos que comúnmente encontramos en la industria para determinar los mecanismos de corrosión en los mismos aunque en realidad no existe un estudio sistemático que permita asentar diferencias mecanísticas, tanto en el medio corrosivo como en presencia de hidrocarburo (R. D. Merrick).





Así, se han realizado estudios de mecanismos de corrosión en ambientes amargos alcalinos y ácidos de la industria del petróleo y de la presencia de hidrocarburo, debido a la falta de información sobre el efecto de éste en el mecanismo de corrosión, los cuales mostraron que la presencia de hidrocarburo es un factor determinante pues las condiciones adquiridas por la superficie del material metálico son causantes de daños por corrosión muy severos, y se estableció que la interacción de los iones presentes en la solución con el metal, se ve favorecida con la presencia del hidrocarburo (R. Cabrera Sierra *et al.*, E. Sosa R. *et al.*; M. A. Veloz).

De ahí el interés por estudiar este sistema controlado para observar el efecto de la velocidad de flujo sobre el mecanismo de corrosión y la velocidad de corrosión y con ello establecer posibles similitudes con sistemas reales en el afán de aportar conocimiento en el área de investigación de la corrosión en ámbitos industriales.

El objetivo de este trabajo de investigación es estudiar el efecto de la velocidad de flujo sobre el comportamiento electroquímico de acero al carbono inmerso en un medio corrosivo, utilizando técnicas electroquímicas para determinar la interacción de los agentes corrosivos con el metal.

METODOLOGÍA

Electrodos de trabajo

Se elaboraron electrodos de trabajo (figura 1) cilindros $\frac{3}{4}$ in de acero al carbono AISI 1018 soldados a un contacto eléctrico, con el fin de contar con suficientes muestras para poder realizar la experimentación.

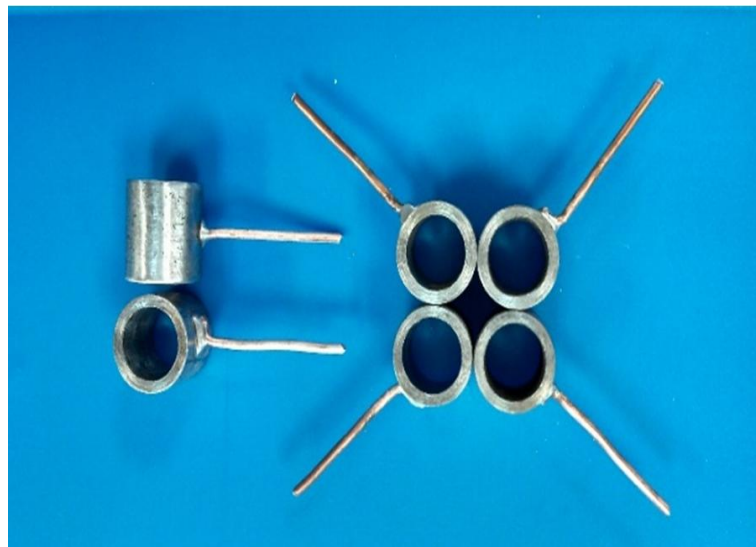


Figura 1. Electrodos de trabajo de acero al carbono AISI 1018.



Medio corrosivo

El ambiente corrosivo, es similar al utilizado en el documento NACE 1D196 (Procedimiento NACE 1D196), tiene la siguiente composición: 0.03M de CaCl_2 dihidratado, 0.01 M de MgCl_2 hexahidratado y 1.82 M de NaCl , saturado con CO_2 en la ausencia y la presencia de hidrocarburo en una relación 8:2.

Como electrodos de trabajo, se utilizaron cilindros de acero al carbono AISI 1018, acoplados a un soporte de Nylamid (figura 2). Antes de cada experimento, la superficie a exponer se desbastó con lija de SiC grado 280. Las mediciones se llevaron a cabo por medio de un Potenciostato-Galvanostato Autolab Mod. PGSTAT30.

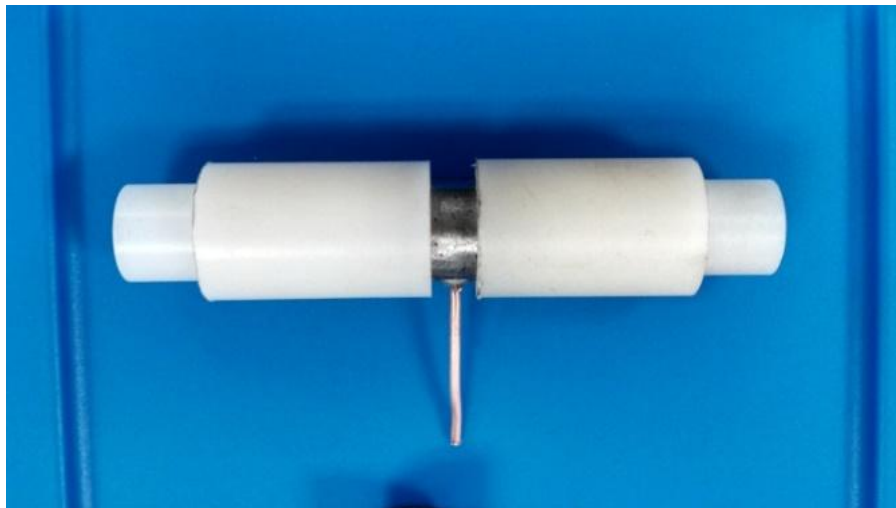


Figura 2. Acero al carbono AISI 1018 (Electrodo de trabajo) acoplado a un soporte de Nylamid.

Arreglo experimental

Para las técnicas electroquímicas se usó una celda típica de tres electrodos, con un electrodo de $\text{Hg}/\text{HgCl}(\text{s})/\text{KCl}(\text{sat})$ como referencia y una barra de grafito como contraelectrodo (ver figura 3a y 3b). Las mediciones se llevaron a cabo por medio de un Potenciostato-Galvanostato Autolab Mod. PGSTAT30.



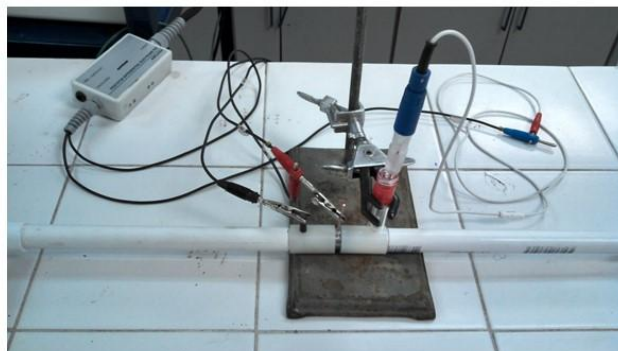


Figura 3. Arreglo experimental utilizado en las técnicas electroquímicas.

RESULTADOS Y/O ANÁLISIS

Parámetros Experimentales

Para las técnicas electroquímicas se utilizaron los siguientes parámetros experimentales (tabla 1), estos fueron los mismos que se utilizaron en trabajos reportados (M.A. Veloz) además que es la mejor relación entre resultados y tiempo para así tener la suficiente reproducibilidad y lograr confiabilidad en los resultados.

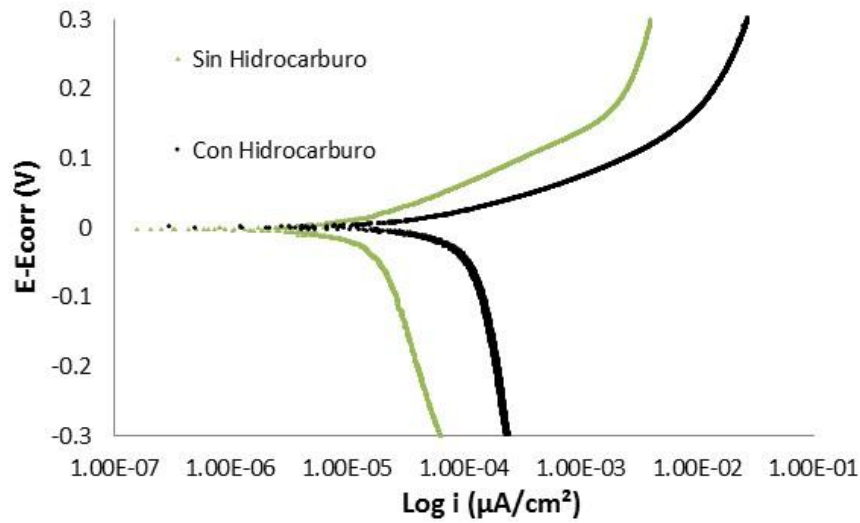
Tabla 1. Parámetros experimentales utilizados en las técnicas electroquímicas.

Curvas de polarización potenciodinámicas	Espectroscopia de Impedancia Electroquímica
Tiempo de inmersión del electrodo 10 min	Tiempo de inmersión del electrodo 10 min
Velocidad de barrido 0.1 mV/s	Amplitud de 10mV
Intervalo de potenciales de $E_{\text{corr}} \pm 300$ mV	Intervalo de frecuencias de 0.01 Hz a 10,000 Hz

Curvas de polarización

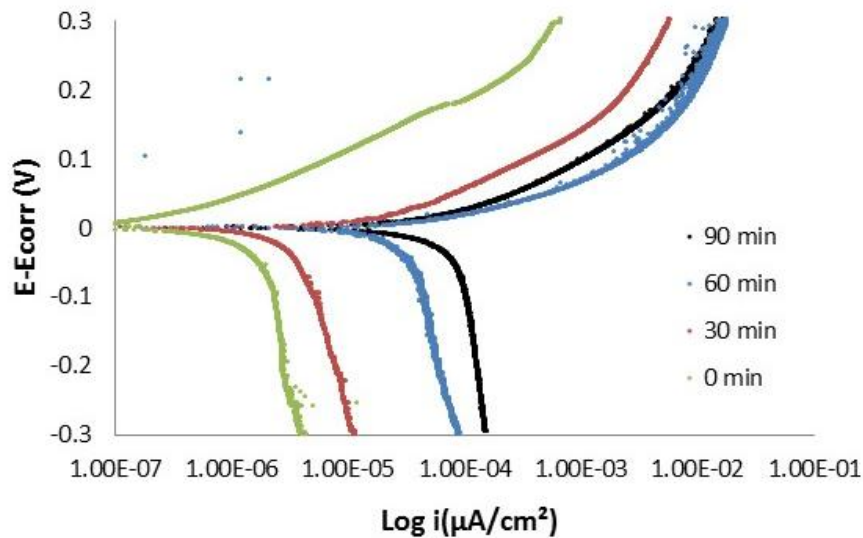
En la gráfica 1 muestra las curvas de polarización potenciodinámicas para el sistema NACE 1D196, en función de la ausencia y presencia del hidrocarburo. La curva de polarización potenciodinámica se trazó a una velocidad de barrido de 0.1 mV/s. El potencial de corrosión que presentan los distintos sistemas es de -0.61 ± 0.01 V vs Hg/HgCl(s)/KCl (sat) (SCE). Para la solución con hidrocarburo, se observa que la presencia de éste afecta tanto la parte anódica como la catódica, mostrando mayor efecto en la parte de oxidación. Esto indica que la interacción del hidrocarburo con los diferentes agentes corrosivos modifica el proceso de corrosión.



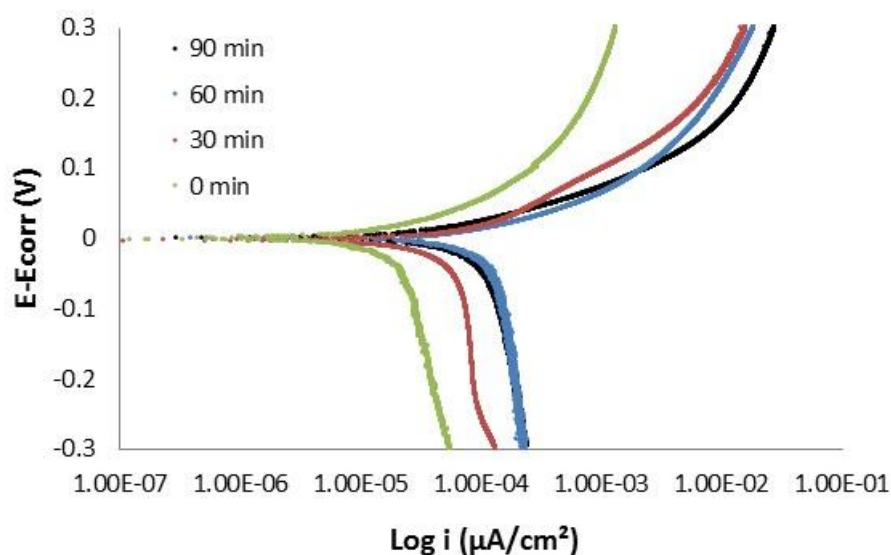


Gráfica 1. Curvas de polarización potenciodinámicas obtenidas con una velocidad de barrido de 0.1 mV/s, sobre acero al carbono AISI 1018 en una solución NACE 1D196 con presencia y ausencia de Hidrocarburo para un sistema de velocidad de flujo continuo (marcadas, respectivamente en la figura).

La gráfica 2 muestra las curvas de polarización potenciodinámicas para el sistema en estudio al evaluar el sistema con velocidad de flujo continuo, en función del tiempo y de la ausencia del hidrocarburo. Se observa que al aumentar el tiempo de exposición, afecta tanto la parte anódica como la catódica, mostrando que las corrientes obtenidas son mayores conforme el tiempo aumenta. El potencial de corrosión que presentan en el sistema es de $-0.61 \pm 0.01V$ vs Hg/HgCl(s)/KCl(sat) (SCE).



Gráfica 2. Curvas de polarización obtenidas para un sistema de acero al carbono AISI 1018 en una solución tipo NACE 1D196 a diferentes tiempos de exposición y en ausencia de hidrocarburo.



Gráfica 3. Curvas de polarización obtenidas para un sistema de acero al carbono AISI 1018 en una solución tipo NACE 1D196 a diferentes tiempos de exposición y en presencia de hidrocarburo.

Parámetros de corrosión obtenidos para las curvas de polarización potenciodinámicas del sistema sin hidrocarburo

Conforme aumenta el tiempo de inmersión, los procesos difusivos presentes en el sistema aumentan, ya que los valores de la pendiente anódica y catódica se incrementan rápidamente en los distintos sistemas por lo que muestran un comportamiento no-Tafeliano. Por esta razón se hizo el cálculo de pendientes en el rango de potencial $E_{corr} \pm 60\text{mV}$ obteniendo los parámetros de corrosión mostrados en la tabla 2.

Tabla 2. Parámetros de corrosión de los diferentes sistemas sin hidrocarburo.

Tiempo de inmersión	E_{corr} (V)	b_a (V/dec)	b_c (V/dec)	I_{corr} (A/cm ²)
0 min	-0.61	0.063	-0.217	4.4E-04
30 min	-0.60	0.038	-0.290	3.33E-04
60 min	-0.61	0.067	-0.222	1.81E-04
90 min	-0.61	0.061	-0.070	1.31E-04



Parámetros de corrosión obtenidos para las curvas de polarización potenciodinámicas del sistema con hidrocarburo

Similarmente, la presencia del hidrocarburo favorece los procesos difusivos, mostrando un comportamiento no-Tafeliano, es por ello que para el cálculo de pendientes también se consideró el intervalo de potenciales $E_{corr} \pm 60$ mV obteniendo los parámetros de corrosión mostrados en la tabla 3. En ella se observa que las pendientes anódicas muestran un comportamiento muy similar para los diferentes tiempos, mientras que el efecto mayor se observa en la rama catódica ya que el aumento en el tiempo de inmersión provoca un aumento en la pendiente catódica. Cabe mencionar que estas corrientes obtenidas son mayores en comparación a los sistemas sin hidrocarburo.

Tabla 3. Parámetros de corrosión de los diferentes sistemas con hidrocarburo.

Tiempo de inmersión	E_{corr} (V)	b_a (V/dec)	b_c (V/dec)	i_{corr} (A/cm ²)
0 min	-0.60	0.063	-0.217	9.32E-04
30 min	-0.61	0.053	-0.228	8.23E-04
60 min	-0.61	0.043	-0.148	7.11E-04
90 min	-0.61	0.057	-0.180	5.44E-04

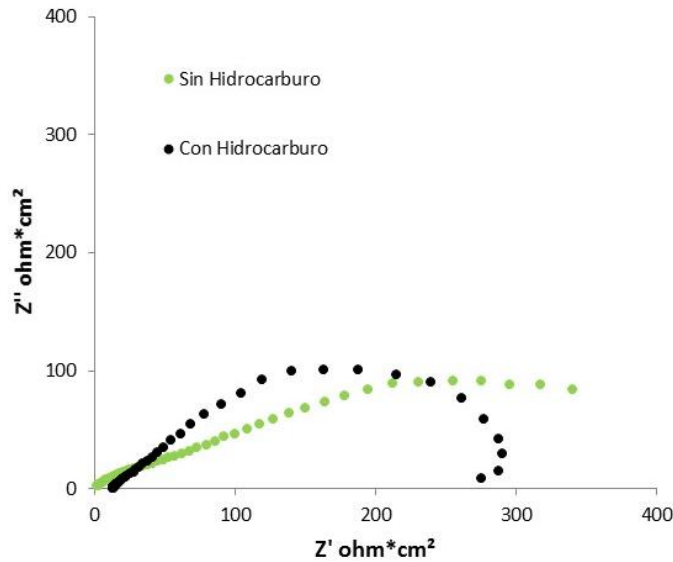
Espectroscopía de Impedancia electroquímica

Con el fin de establecer, de manera más sencilla, el número de etapas involucradas tanto en el proceso anódico como en el catódico, se realizaron pruebas con la técnica de espectroscopía de impedancia electroquímica. Esta técnica, se usa aprovechando las características de la misma de poder separar las contribuciones de diferentes fenómenos, de acuerdo al tiempo de relajación de cada una de ellas.

Los resultados de la técnica de espectroscopía de Impedancia Electroquímica mostraron que la superficie del acero se encuentra activa (ver gráfica 4), ya que los valores de impedancia real e imaginaria son bajos comparados con trabajos reportados en la literatura (M.A. Veloz).

Los espectros obtenidos son deformados y se observa la presencia de un semicírculo achatado. La presencia del hidrocarburo en la solución, modifica el proceso lo cual se observó en el aumento de los valores de las impedancias y al exhibirse un bucle inductivo en las bajas frecuencias, que se ha atribuido a especies adsorbidas o procesos de disolución.





Gráfica 4. Diagramas de Nyquist para el sistema sin hidrocarburo y en presencia de éste (marcadas, respectivamente en la figura, para el sistema de acero al carbono en una solución NACE 1D196.

CONCLUSIONES

En las curvas de polarización potenciodinámicas, la presencia de hidrocarburo en el sistema afecta tanto la parte anódica como la catódica, mostrando que las corrientes obtenidas son mayores que para el sistema sin hidrocarburo, en el análisis de tiempo de inmersión del electrodo muestra un aumento en las corrientes anódicas y catódicas conforme el tiempo es mayor lo anterior es importante ya que la presencia del hidrocarburo hace que el proceso de corrosión sea uniforme a través del tiempo. El uso de la técnica de espectroscopía de impedancia electroquímica muestra que la interacción del hidrocarburo con el sistema se ve modificado el proceso de corrosión ya que se observa procesos adsorptivos o procesos de disolución en comparación al sistema en ausencia de hidrocarburo.

REFERENCIAS

J.K. Heuer, J.F. Stubbings, "Anodic solution of Iron". Corrosion, (1998) print.

R. D. Merrick, Refinery experiences with cracking in wet H₂ Environments" Mat. Perf (2000) print.

Procedimiento NACE 1D196 "Laboratory Test Methods for Evaluating Oilfield Corrosion Inhibitors".

R. Cabrera Sierra, E. Sosa M. T. Oropeza I. González, "Electrochemical Study on Carbon Steel corrosion process in alkaline sour medium". Electrochim Acta (2002) print.

E. Sosa R. Cabrera Sierra, M. T. Oropeza, F. Hernández, N. Casillas, R. Tremont, C. Cabrera, I. González, "Electrochemically Grown passive films on carbon steel (AISI 1018) in alkaline sour médium", Electrochim Acta, (2003). print.

M.A. Veloz. "Mecanismos de corrosión de acero al carbono en una solución amortiguadora de ácido acético, cloruros y H₂S". Tesis Doctoral (2003) print.