

## **ECorr28. Evaluación de un derivado piridínico como inhibidor de corrosión en medio ácido”**

Diana Janet Matías Hernández<sup>\*1</sup>, María Aurora Veloz Rodríguez<sup>1</sup>,

Rafael Martínez Palou<sup>2</sup>, Victor Esteban Reyes Cruz<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Área Académica de Materiales y Metalurgia.  
Carr. Pachuca Tulancingo Km 4.5, Ciudad Universitaria, Pachuca, Hgo.  
[mveloz@uaeh.reduaeh.mx](mailto:mveloz@uaeh.reduaeh.mx)

<sup>2</sup> Instituto Mexicano del Petróleo, Eje Central Lázaro Cárdenas # 152, México, D.F.

En este trabajo se presentan los resultados preliminares de la evaluación de un derivado piridínico como inhibidor de corrosión en un medio ácido tipo NACE TM0177. Como principio del estudio se aplicó la Técnica de Polarización potenciodinámica para la determinación de velocidades de corrosión tanto en el medio sin aditivos, como en presencia del compuesto a evaluar. Los parámetros que se variaron fueron: Concentración del inhibidor, Velocidad de agitación y tiempo de inmersión del electrodo. Los resultados indican que el compuesto inhibe el proceso de corrosión del acero al carbono 1018, desde el primer contacto con el electrodo, aún a bajas concentraciones y que la máxima protección se alcanza durante las primeras 3 horas de inmersión, ya que a tiempos mayores no se observan cambios significativos. Los electrodos inmersos presentan la formación de una película delgada que cubre la mayor parte de la superficie, sin embargo, quedan áreas expuestas en las que se tiene la formación de productos de corrosión.

## 1. Introducción

La corrosión debe ser vista como un hecho que pone en evidencia el proceso natural de que los metales vuelven a su condición primitiva y que ello conlleva al deterioro del mismo. No obstante es la corrosión la que provoca la investigación y el planteamiento de fórmulas que permitan alargar la vida útil de los materiales sometidos a este proceso [1].

La corrosión es un problema importante en muchas industrias, pero particularmente en la industria del petróleo, donde los equipos metálicos están expuestos a diferentes condiciones de operación y en ocasiones muy agresivas, causando grandes pérdidas económicas y humanas, ya que el reemplazo frecuente de la maquinaria y equipos es muy costoso, sin contar el peligro que ello ocasiona hacia las personas.

Hay varias formas de disminuir la corrosión y su uso dependerá de las condiciones a las que se encuentre sujeto el material metálico. Básicamente todos los métodos que existen para lograr controlar la corrosión de los materiales metálicos, son intentos para interferir con el mecanismo de corrosión, de tal manera que se pueda hacer que éste sea lo más ineficiente posible. Por ejemplo, disminuyendo el flujo de electrones entre los componentes metálicos de la celda de corrosión por el aumento de la resistencia eléctrica del metal, de alguna manera disminuiría la corriente de corrosión y, por tanto, la velocidad de corrosión. Esto no es practicable generalmente, pero disminuir el flujo de corriente en el componente electrolítico de la celda de corrosión produciría el mismo efecto, y esto sí es practicable.

El proceso de inhibición de la corrosión más frecuentemente utilizado consiste en aplicar ciertas sustancias orgánicas e inorgánicas a la superficie del metal, que adhiriéndose a ella aminoran la velocidad con que el metal se transforma a un compuesto poco servible [2].

Dichas sustancias químicas, llamadas inhibidores de corrosión, cuando son agregados en una concentración pequeña a un ambiente agresivo (soluciones acuosas más o menos concentradas) disminuyen con eficacia el índice de la corrosión de un metal o aleación expuesto a ese ambiente; protegiéndolo así contra el ataque dañino o deterioro. En las industrias de la extracción y de proceso del petróleo, los inhibidores son considerados como la primera línea de defensa contra la corrosión [2].

El uso de estos inhibidores químicos para disminuir el índice de los procesos de corrosión es absolutamente variado. Una gran cantidad de estudios científicos se han dedicado al tema de los inhibidores de la corrosión pero la mayoría se sabe de qué ha crecido de experimentos del ensayo y del error, en los laboratorios y en el campo.

La literatura científica y técnica de la corrosión tiene descripciones y listas de los compuestos químicos numerosos que exhiben características inhibitorias. De éstos, realmente muy pocos se utilizan en la práctica, debido al hecho de que las características deseables de un inhibidor van más allá de los relacionados simplemente a la protección del metal; son de importancia considerable el coste, la toxicidad, la disponibilidad y la amistad ambiental que puedan tener los inhibidores[3].

Dentro de los compuestos más utilizados están los orgánicos con heteroátomos en su estructura que les permite tener características especiales de interacción con el metal,

provocando la formación ya sea de una película protectora sobre la superficie (sin enlaces químicos con la misma) o de productos de corrosión pasivantes [4].

Los compuestos orgánicos que contienen nitrógeno están considerados en una clase importante dentro de aquellos con características de inhibición a la corrosión, debido a que éstos forman fácilmente complejos o quelatos con metales de transición, estos complejos se adsorben fuertemente formando una delgada capa sobre la superficie metálica, previniendo de esta manera la corrosión.

En trabajos previos [5] se ha visto que el anillo piridínico posee una alta afinidad por el hierro, sin embargo los compuestos formados son solubles en condiciones acuosas, provocando una mayor disolución del acero utilizado.

Por otro lado, se ha visto que cuando se cambian las propiedades estructurales de algunos compuestos, cambia también la forma de interacción de éstos con el metal [6].

Dado lo anterior, el objetivo de este trabajo es estudiar el comportamiento de un compuesto de tipo piridínico con un anillo bencimidazol en la posición 2, que se adiciona sobre un sistema de acero al carbono 1018, sumergido en un ambiente corrosivo del tipo NACE TM 0177 (0.04M  $\text{CH}_3\text{COOH}$ /  $\text{NaCOOCH}_3$ , pH = 3.5; 30 172 ppm  $\text{Cl}^-$  como NaCl). La forma en que el compuesto afecta al mecanismo de corrosión se investigó variando parámetros como la velocidad de agitación, la concentración del compuesto adicionado y tiempo de inmersión del electrodo en el ambiente corrosivo adicionado con el compuesto.

## 2. Experimental

Para este trabajo se utiliza una celda típica de tres electrodos con un electrodo de calomel saturado como de referencia, una barra de grafito como contraelectrodo y acero al carbono SAE 1018 como electrodo de trabajo, sumergidos en un ambiente corrosivo del tipo NACE TM 0177 (que es uno de los métodos más utilizados para la evaluación de metales y aleaciones sometidos a la corrosión bajo tensión y/o ampollamiento) con la siguiente composición: 0.04M  $\text{CH}_3\text{COOH}$ /  $\text{NaCOOCH}_3$ , pH = 3.5; 30 172 ppm  $\text{Cl}^-$  como NaCl (0.52 M  $\text{Cl}^-$ ). El medio corrosivo se preparó con agua desionizada, deaerada con nitrógeno durante media hora y reactivos grado analítico.

Se aplicó la Técnica de Polarización Lineal, en el intervalo de potenciales de  $E_{\text{corr}} \pm 300$  mV, para la determinación de velocidades de corrosión tanto en el medio sin aditivos como en presencia del compuesto a evaluar. Se variaron parámetros como son la concentración, la velocidad de agitación y el tiempo de inmersión del electrodo de trabajo.

Las concentraciones utilizadas de inhibidor fueron 25, 50, 100, 200 y 500 ppm, las velocidades de rotación del electrodo de trabajo fueron de 0, 100, 500 y 1000 rpm; y los tiempos de inmersión del electrodo que se evaluaron fueron a 10 minutos, 3 y 24 horas.

## 3. Resultados

Como primera parte de la investigación se evaluó el comportamiento del electrodo en el medio, durante diferentes tiempos. En la figura 1 se observa que conforme aumenta el tiempo de exposición del electrodo al medio corrosivo, la corriente de corrosión disminuye, lo

que podría estar indicando la presencia de una capa de productos de corrosión, sin embargo, a 24 horas parece haber una disolución de dicha capa puesto que las corrientes que presenta la curva de polarización son mayores que a 3 horas de inmersión.

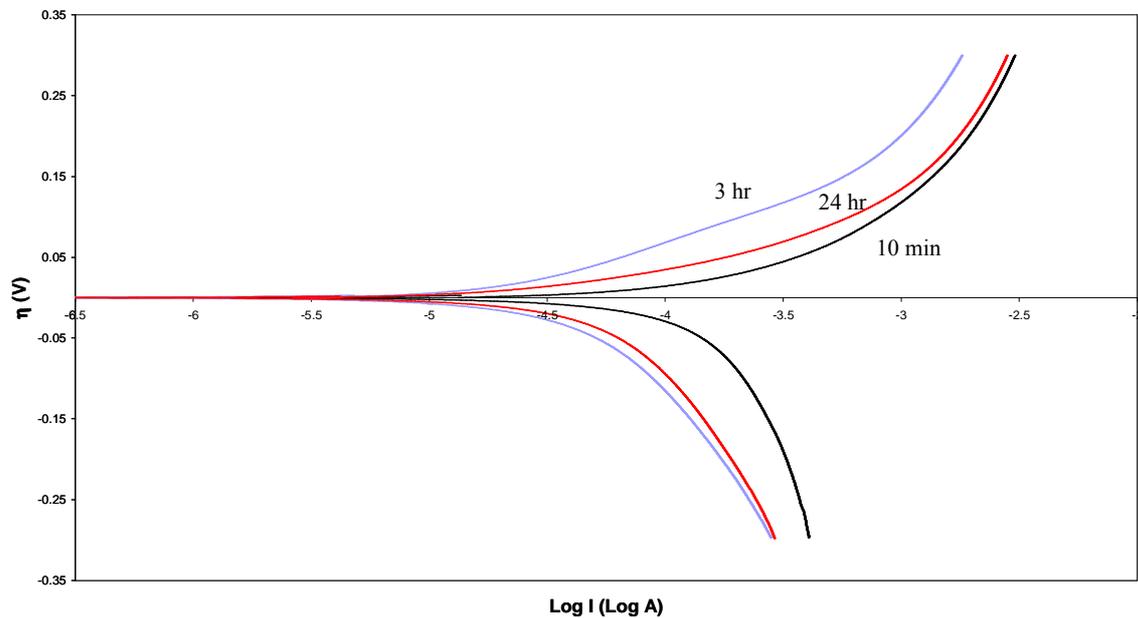


Figura 1. Curvas de polarización determinadas a diferentes tiempos de inmersión del electrodo de acero al carbono SAE 1018 en la solución tipo NACE TM 0177. La velocidad de barrido es de 0.1 mV/seg

En la figura 2 se presenta el estudio a diferentes tiempos de inmersión, pero el electrodo se hizo rotar a una velocidad de 1000 rpm. Las curvas de polarización trazadas de esta manera, presentan un incremento en las corrientes hacia potenciales catódicos, indicando que la reacción (o reacciones) catódica aumenta cuando se tiene agitación en el sistema; mientras que hacia potenciales anódicos no muestran gran cambio, indicando que el proceso anódico es independiente de la agitación. Por otro lado, las corrientes para la curva a 3 horas de inmersión del electrodo, presentan (al igual que sin agitación) los valores más pequeños, por lo que se puede decir que el sistema se comporta como si hubiera la formación y redisolución de una capa de productos de corrosión, lo cual ya ha sido observado en estudios anteriores [4]

Posteriormente, se hicieron adiciones del compuesto piridínico a evaluar en diferentes concentraciones y se trazaron las curvas de polarización para cada concentración. En la figura 3 se presentan dichas curvas, donde se observa que el proceso catódico es el más afectado y es donde se ve el efecto de la adición de las diferentes concentraciones del compuesto. Es decir, las corrientes del proceso catódico disminuyen conforme aumenta la cantidad de inhibidor agregado. Por otro lado, la concentración de 100 ppm muestra la mayor disminución en las corrientes del proceso anódico, por lo que se puede decir que es en esta concentración donde se empieza a tener una probable interacción del compuesto con los productos de corrosión. Para verificarlo, se hizo el estudio de tiempos de inmersión sobre el sistema con 100 ppm del compuesto piridínico. En la figura 4 se presentan las curvas de polarización potenciodinámica para el sistema en presencia de 100 ppm del compuesto y a diferentes tiempos de inmersión. En ella se observa que el efecto del compuesto piridínico sobre el proceso catódico se ve muy poco modificado, mientras que en la rama anódica parece tener dos regiones que se acentúan a 46 hrs de inmersión y que probablemente tengan que ver con la entrada de oxígeno al

sistema la cual no está siendo controlada, o el hecho de que efectivamente se tiene la interacción del compuesto con los productos de corrosión, lo que podría ser más viable dado que a 3 horas de inmersión se tiene un aumento en las corrientes anódicas. Dado lo anterior se propuso observar el comportamiento del sistema con diferentes concentraciones del compuesto, sin y con agitación (esto es, 0 y 1000 rpm de rotación del electrodo), con el fin de determinar si los productos de corrosión (en presencia del compuesto) son estables o no en la superficie.

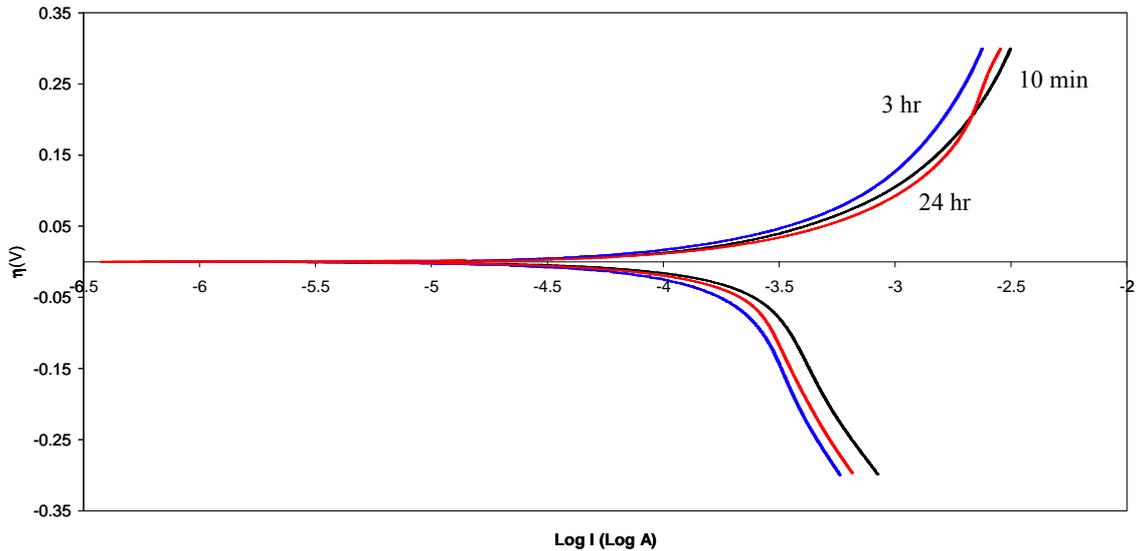


Figura 2. Curvas de polarización determinadas a diferentes tiempos de inmersión del electrodo de acero al carbono SAE 1018 a una rotación de 1000 rpm, en la solución tipo NACE TM 0177. La velocidad de barrido es de 0.1 mV/seg.

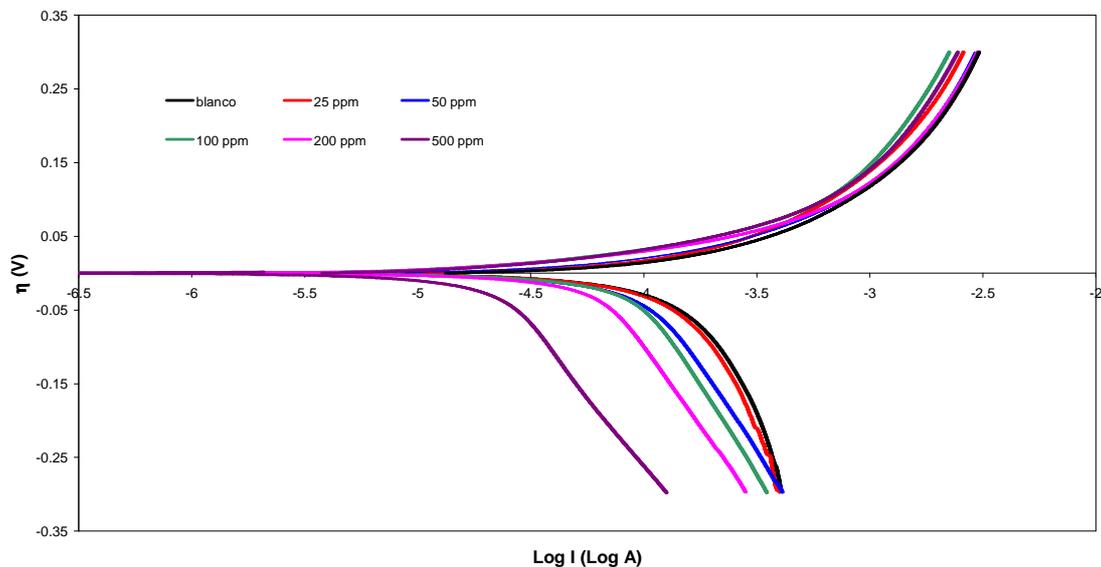


Figura 3. Curvas de polarización determinadas con diferentes concentraciones del compuesto piridinico en contacto con el sistema de electrodo de acero al carbono SAE 1018 a una rotación de 1000 rpm, en la solución tipo NACE TM 0177. La velocidad de barrido es de 0.1 mV/seg

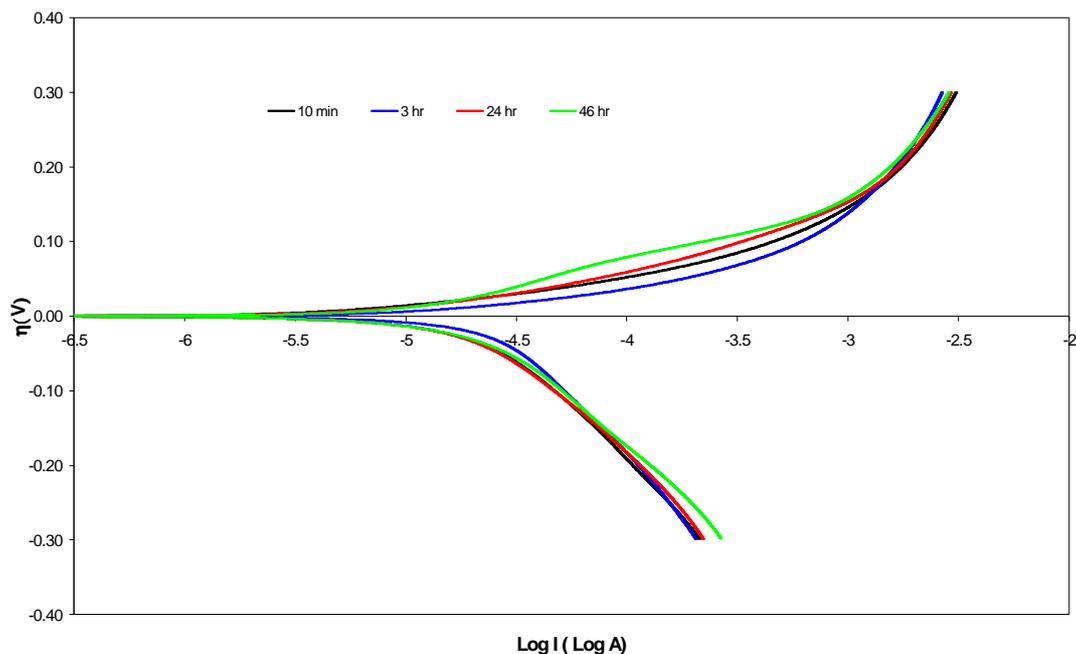


Figura 4. Curvas de polarización determinadas a diferentes tiempos de inmersión del compuesto piridínico en contacto con el sistema de electrodo de acero al carbono SAE 1018 sin velocidad de agitación en la solución tipo NACE TM 0177. La velocidad de barrido es de 0.1 mV/seg.

En la figura 5 se presenta el gráfico de densidades de corriente de corrosión para el sistema acero al carbono 1018 en presencia de la solución tipo NACE TM0 177 con diferentes concentraciones del compuesto y a las dos velocidades de agitación consideradas. En ella se observa que cuando el sistema se encuentra sin agitación se tiene una disminución de la densidad de corriente de corrosión conforme aumenta la concentración del compuesto piridínico, pero después de 200 ppm del compuesto el cambio es mínimo, lo que puede indicar la presencia de una capa de productos de corrosión. Por otro lado, cuando se tiene agitación en el sistema, se observa que la corriente de corrosión permanece casi constante durante las diferentes concentraciones, lo que indica que la capa inicial de productos de corrosión es soluble y se dispersa con la agitación, aunque sí se presenta una leve disminución con respecto al sistema sin aditivos.

Cabe mencionar que en todos los casos donde se tiene el compuesto, el metal del electrodo de trabajo, presentó la formación de una película amarillenta de productos de corrosión.

Con los resultados obtenidos de las pruebas realizadas se observa que el compuesto evaluado tiene, efectivamente una gran afinidad con el metal, sin embargo, los productos de la interacción entre ellos, son muy poco estables en la superficie metálica y en la solución corrosiva.

#### 4. Conclusiones

El compuesto evaluado presenta características de inhibición a la corrosión en el sistema de acero al carbono 1018 sumergido en una solución tipo NACE TM 0177, cuando se encuentra sin agitación; sin embargo, el resultado cambia cuando se tiene agitación en el

sistema y la capa de productos de corrosión se dispersa, dejando al metal nuevamente susceptible al ataque de la corrosión.

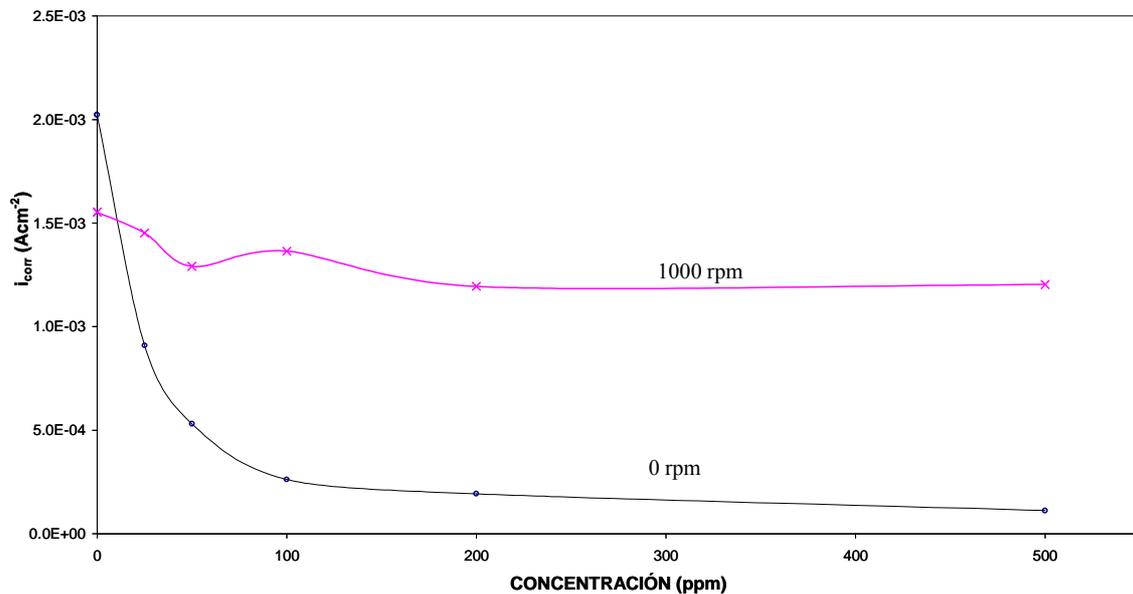


Figura 5. Gráfico de densidades de corriente de corrosión para el sistema acero al carbono 1018 en presencia de la solución tipo NACE TM0 177 con diferentes concentraciones del compuesto y 0 y 1000 rpm.

## 5. Agradecimientos

Los autores agradecen al Programa del Mejoramiento del Profesorado (PROMEP), por el financiamiento del proyecto PROMEP/103.5/04/1340. Diana J. Matías agradece la beca otorgada por el PROMEP para su proyecto de tesis.

## 6. Referencias

1. Gilbert W. Castellan, Fisicoquímica, 2ª ed. , México, Addison Wesley Iberoamericana, (1998).
2. Pierre R. Roberge, Handbook of corrosion engineering, McGraw-Hill, (1999), 1140.
3. J.M. WEST, Basic Corrosion and oxidation, Ellis Horwood/John Wiley, (1980).
4. V.S. Sastri, J.R. Perumareddi, "Selection of corrosion inhibitors for use in sour media", Corrosion, 50, 6(1994) 432.
5. M. A. Veloz, Mecanismo de corrosión de acero al carbono en una solución amortiguada de ácido acético, cloruros y  $H_2S$ . Modificación por la presencia de inhibidores de corrosión. Tesis, Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa, México, 2003.
6. V.S. Sastri, J.R. Perumareddi, "Molecular orbital theoretical studies of some organic corrosion inhibitors", Corrosion, 53, 8(1997) 617.